UNTERSUCHUNGEN ZUR FRAGE MÖGLICHER BEZIEHUNGEN ZWISCHEN BLUTVISKOSITÄT UND RISIKOFAKTOREN FÜR ARTERIELLE DURCHBLUTUNGSSTÖRUNGEN

Hartmut Wolf

1980

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 · 8000 München 5 · Telefon 26 81 77

AUS DER MEDIZINISCHEN POLIKLINIK
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Prof. Dr. N. ZÖLLNER

UNTERSUCHUNGEN ZUR FRAGE MÖGLICHER BEZIEHUNGEN ZWISCHEN BLUTVISKOSITÄT UND RISIKOFAKTOREN FÜR ARTERIELLE DURCHBLUTUNGSSTÖRUNGEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Hartmut Wolf
aus Bückeburg / Niedersachsen

München 1980

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Hess

Mitberichterstatter: Prof. Dr. N. Zöllner

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 27.11.1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

MEINER FRAU GEWIDMET

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535726_0015

G L I E D E R U N G

A EINLEITUNG

B UNTERSUCHUNGSMETHODEN

C WERTETABELLE

D GRAPHISCHE DARSTELLUNG

E AUSWERTUNG

F DISKUSSION

G ZUSAMMENFASSUNG

H LITERATUR

A EINLEITUNG

1. Physiologie der Durchblutung

Die Durchblutung wird neben der Pumpfunktion des Herzens und dem Druckgradienten im wesentlichen durch folgende Größen bestimmt:

1. Eigenschaften des Blutes, wie pH bzw. CO_2-Druck und seine Viskosität.
2. Gewebefaktoren, wobei durch eine Abnahme des C_2-Drucks bzw. eine Zunahme des pCO_2 und anderer Metabolite vom Gewebe aus eine Erweiterung der den Kapillaren vorgeschalteten Gefäße und damit eine Mehrdurchblutung ausgelöst werden kann.
3. Gefäßfaktoren, wie deren Dehnbarkeit, Autonomie und nervöse Vasomotorik.

Die Besonderheit der Durchblutung ist im Gegensatz zur Strömung homogener Flüssigkeiten in starren Röhren bedingt durch die elastische Gefäßbeschaffenheit und die Zusammensetzung des Blutes.
Aus den Versuchen von Fahraeus (14) kann man den Schluß ziehen, daß in kleinen Arterien und Venen mit einem Durchmesser unter 0,3 mm die roten Blutkörperchen dem Plasma vorauseilen. Sie halten sich also kürzere Zeit als das Plasma in diesen Gefäßen auf, woraus natürlicherweise folgt, daß deren Blut-

körperchengehalt vermindert wird. Andererseits ist ein großer Teil der Kapillaren in funktionell hochstehenden Organen wie dem Gehirn und der quergestreiften Skelettmuskulatur so eng, daß diese die roten Blutkörperchen gleichsam nur "im Gänsemarsch" durchlassen, getrennt durch kleine Portionen von Blutwasser. Folglich hört hier die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Blutkörperchen und Plasma auf und die Blutkörperchenkonzentration nimmt in diesen Teilen des Gefäßsystems wieder zu.

Nach Hess (20) ergibt sich folgendes Bild für die laminare Blutströmung:

Die Erythrozyten und Leukozyten als die größten Partikel bewegen sich mit hoher Geschwindigkeit im Zentralstrom einer Arterie, Arteriole oder Vene. Die Thrombozyten als wesentlich kleinere Teilchen fließen an der Peripherie des Axialstroms mit schon etwas geringerer Geschwindigkeit. Der sich daran anschließende Plasmasaum bewegt sich im Randstrom mit wesentlich langsamerer und mit zunehmender Annäherung an die Gefäßwand abnehmender Geschwindigkeit, bis er am Endothel schließlich ganz zum Stehen kommt. Durch Veränderung der Viskosität des Plasma- und Thrombozytensaumes ist das Strömungsprofil und das für das Stromzeitvolumen effektive Lumen eines Gefäßes veränderbar, ohne daß sich der Radius des Endothelschlauches ändern

muß.

Die Zeit der Rückbildung eingetretener Viskositäts-
änderungen kann nach den Untersuchungen von Dinten-
fass (9) von Mikrosekunden bis Stunden dauern.
An den physiologisch ständig ablaufenden Viskosi-
tätsänderungen können alle Bestandteile des Blutes
teilhaben. Zur Regulierung der Durchblutung über
Veränderungen der Aggregationsfähigkeit der Thrombo-
zyten stehen eine Reihe von Stoffen zur Verfügung,
wie Katecholamine, Kinine, Serotonin, Histamin, das
Adenylsäuresystem, Prostaglandine, Fibrinogen, Heparin.
Blutfette, Enzyme (Plasmin, Thrombin, Aggregin). In
den ständig intravasal ablaufenden Metamorphosen
der Thrombozyten und den latenten Gerinnungs- und
Lysevorgängen (Lasch und Roka, 22) wird ein wichtiger
Mechanismus zur Feinregulation der Durchblutung über
lokale und rasch reversible Veränderungen der Fließ-
fähigkeit des Blutes gesehen.

2. Pathologische Veränderungen in Zusammenhang mit der Blutviskosität

Die Wichtigkeit der Viskosität für eine normale Durchblutung wird deutlich beim Hyperviskositätssyndrom, das beim Myelom oder beim Morbus Waldenström auftreten kann. Extreme Viskositätssteigerung führt hier zu schweren ischämischen Zustandsbildern, die zum Tode führen können. In diesem Zusammenhang wird auch verständlich, daß bei stark gestörten Durchblutungsverhältnissen, wie sie bei der obliterierenden Angiopathie auftreten, bereits geringe Viskositätsänderungen zur Dekompensation führen können. Eine Erhöhung der Blut- oder Plasmaviskosität ist bei Patienten mit obliterierender Angiopathie der Extremitäten-, Koronar- und Zerebralarterien mehrfach beschrieben worden (42, 9, 38, 23, 35, 12, 11). Auch bei einer Reihe anderer Krankheitsbilder wurde eine erhöhte Blutviskosität beobachtet, nämlich bei Polycythämie (17, 30, 32, 44), Hyperlipidämie (24), Hyperfibrinogenämie (29), Hypertonie (43), Myocardinfarkt (6, 21, 23), Morbus Raynaud (27, 28), Diabetes mellitus (39), verschiedenen Arten von Schock (45, 46), bei Venenthrombosen (31) und bei einigen Fällen von akuter Leukämie (10).

Ferner wurde eine Zunahme der Blutviskosität auch bei Patienten mit Karzinom nicht ausgeschlossen (13).

allerdings gibt es darüber noch keine konkreten Untersuchungsergebnisse.

3. Definition der Viskosität

Viskosität bedeutet innere Reibung von Flüssigkeiten und ist eine temperaturabhängige Materialkonstante. Ihre Beziehung zu den verschiedenen Parametern des Stromvolumens in kapillaren Röhren wird im Hagen-Poiseuilleschen Gesetz beschrieben:

$$V / t = \frac{p\, r^4}{8\, n\, l}$$

wobei V/t das Stromvolumen in der Zeit t, p das Druckgefälle, r der Radius, l die Länge des Rohres und n die Viskosität der Flüssigkeit bedeutet.

4. Gültigkeit der Gesetze der inneren Reibung für die Blutviskosität

Das Hagen-Poiseuillesche Gesetz wurde für homogene Flüssigkeiten in starren Röhren aufgestellt. Über seine Anwendbarkeit auf den Blutfluß im Gefäßsystem wurde lange diskutiert.
1910 begannen Hess und seine Mitarbeiter (18,19) systematische Untersuchungen des laminaren Blutstroms durch Glaskapillaren. 1931 stellten Fahraeus und

Lindquist (20) fest, daß das Gesetz von Poiseuille auf Blut nicht anwendbar ist. Diese Erkenntnis wurde von Müller (25), Scott-Blair (36) und Bayliss (1) gestützt. Es wurde gezeigt, daß bei einer Suspension wie Blut keine lineare Beziehung mehr zwischen Druck und Stromfluß besteht, und daß das Stromvolumen nicht mehr von der 4. Potenz des Radius abhängig oder umgekehrt proportional der Länge des Rohres ist. Da man keine bessere Formulierung finden konnte, um den charakteristischen Stromfluß des Blutes auszudrücken, schlug Müller (26) eine Behelfslösung vor: er wandelte das Hagen-Poiseuillesche Gesetz um, indem er den Viskositätskoeffizienten n durch den Koeffizienten n' ersetzte. n' wird außer von der Temperatur noch von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit $\bar{v}$, dem Innenradius R des Rohres und dem Hämatokrit H bestimmt: $n' = f(T,\bar{v},R,H)$.

Dintenfass, Begg und Hess (9, 2, 20) erweiterten die Bedingungen und zeigten, daß die Viskosität des Blutes durch eine Reihe von gleichzeitig ablaufenden Prozessen bestimmt wird:

1. Veränderungen der lokalen Hämatokritwerte
2. Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes
3. Eine reversible Aggregation der roten Blutkörperchen

4. Eine Sol-Gel-Transformation im Inneren der roten Blutkörperchen
5. Veränderungen der Viskosität des Blutplasmas
6. Reversible Variation der Klebrigkeit der Thrombozyten bzw. der von Ihnen entfalteten Aktivitäten.

Das Ziel dieser Arbeit ist nun die Beziehung der Blutviskosität zu den Risikofaktoren arterieller Durchblutungsstörungen und mögliche Auswirkungen auf die Entstehung derselben zu untersuchen.

B UNTERSUCHUNGSMETHODEN

1. Viskositätsmessung

Die Viskosität wurde mit dem Wells-Brookfield-Viskosimeter gemessen, nachdem dem Probanden 20 ml Vollblut aus der Armvene in ein mit einer gerinnungshemmenden Substanz präpariertes Röhrchen abgezogen wurde. Das so gerinnungsunfähige Blut wurde sofort in die Kammer des Viskosimeters eingefüllt, die eine konstante Temperatur von 37° C besaß. Der abgelesene Wert ergab unter Berücksichtigung des Schergrades der Blutkörperchen die Viskosität in (cps).

2. Plättchenaggregationstest (PAT)

In einer Plastikspritze wurden 2 ml Na-Citrat 3,8 % vorgelegt und mit einer Einmalkanüle Nr. 1 auf 20 ml mit Blut aufgezogen. Durch Spontansedimentation (ca 3/4 Stunden) oder durch 5 minütiges Zentrifugieren bei 1000 Umdrehungen pro Minute wurde plättchenreiches Plasma gewonnen. Die Aufbewahrung von Blut und plättchenreichem Plasma darf nur in Polystyrol-Plastik-Einmalbehältern erfolgen. 1,5 ml des plättchenreichen Plasmas wurden in ein silikonisiertes 20 ml Messkölbchen gegeben und 10 Minuten bei 20 Umdrehungen pro

Minute im Wasserbad von 37° C rotiert. Der Inhalt des Kölbchens wurde dann in ein Plastikröhrchen, in dem 4 ml NaCl-Citrat vorgelegt waren, gekippt. Um ein Vergleichspräparat zu erhalten, wurden von dem restlichen nicht rotierten plättchenreichen Plasma 0,5 - 0,6 ml ebenfalls in ein Plastikröhrchen mit 4 ml NaCl-Citrat einpipettiert. Je ein silikonisierter Objektträger wurde dann 30 Minuten lang mit nicht rotiertem bzw. rotiertem Präparat überschichtet, anschließend mehrmals kräftig in NaCl-Citrat gespült, dann 5 Minuten in 40 % Formalin fixiert und schließlich vorsichtig in Aqua dest. abgespült.

Zur Oxydation und Färbung wurden die Präparate spätestens 2 Tage danach erst 5 Minuten in 1/10 n $KMnO_4$-Lösung (zur besseren Farbaufnahme) und dann 1 Stunde in Giemsa-Lösung (20 ml Giemsa-Stammlösung und 80 ml Aqua dest.) gelegt und anschließend unter fließendem Leitungswasser abgespült. Nach dem Trocknen konnten die Präparate dann unter dem Lichtmikroskop ausgewertet werden. Nach dem Grad der Aggregation und der Metamorphose der Thrombozyten wurden 5 Stufen unterschieden.

Beurteilung der Präparate:

Stufe I : Vor und nach der Rotation zeigt sich das gleiche Bild mit überwiegend einzeln

liegenden Thrombozyten, kaum Aggregate.

Stufe II : Nach der Rotation findet sich neben ebenfalls überwiegend einzeln liegenden Plättchen gegenüber den unrotierten Präparaten eine geringgradige Zunahme der reversiblen Aggregate. Agglutinate sind selten.

Stufe III : Die Zahl der einzeln liegenden Thrombozyten ist vermindert. Es treten nach der Rotation zahlreiche Aggregate neben Agglutinaten auf, wobei die reversiblen Aggregate überwiegen.

Stufe IV : Starke Verminderung der einzeln liegenden Blutplättchen nach Rotation und viele irreversible Aggregate neben einigen reversiblen.

Stufe V : Alle oder fast alle Plättchen sind agglutiniert.

Die Stufen I und II werden als normal betrachtet, die Stufen III - V sind Ausdruck einer gesteigerten Aggregationstendenz.

Fehlerquellen:

1. Unkorrekte Blutentnahme d.h. ungenügende Durchmischung des Blutes oder zu langsame Blutentnahme.
2. Stehenlassen des Blutes für mehr als 6 Stunden vor Durchführung des Tests.

3. Hämatokritbestimmung

Das Vollblut wird in einer Glaskapillare zentrifugiert. Der Hämatokrit ergibt sich aus dem Verhältnis der Erytrozytensäule zur Gesamtsäule in %.

4. Blutdruckbestimmung

Der Blutdruck des Probanden wurde unmittelbar vor der Blutentnahme nach der Riva-Rocci-Methode gemessen. Zur Auswertung wurde der Mitteldruckwert herangezogen, ermittelt nach der Formel (systolisch + diastolisch) x 0,46.

5. Risikofaktoren für arterielle Verschlußkrankheiten

Die Werte des Cholesterins, der Harnsäure und des Blutzuckers wurden nach den dafür üblichen Methoden im Zentrallabor bestimmt.

6. Patientengut-Einteilung

Aus dem Patientenstamm der Medizinischen Poliklinik wurden 80 Personen herausgesucht, die an obliterierender Angiopathie litten. Jedem einzelnen dieser Patienten wurde nun eine Vergleichsperson ohne obli-

terierender Angiopathie gegenübergestellt, die in Alter, Geschlecht und Rauch- bzw. Nichtrauchgewohnheit entsprach. Diese Einteilung ergab also 80 Vergleichspaare, die sich wie folgt aufgliederten:

Gruppe 1	Gruppe 2
Raucher Männer = RM	Raucher Frauen = RF
54 Paare	6 Paare
Gruppe 3	**Gruppe 4**
Nichtraucher Männer = NM	Nichtraucher Frauen = NF
6 Paare	14 Paare

Der Vergleich erfolgte aus der Gegenüberstellung

Kranke Gruppe 1	-	Gesunde Gruppe 1
Kranke Gruppe 2	-	Gesunde Gruppe 2
Kranke Gruppe 3	-	Gesunde Gruppe 3
Kranke Gruppe 4	-	Gesunde Gruppe 4

C WERTETABELLE AUS EIGENEN UNTERSUCHUNGEN

krank Viskosität bei U/min in cps

A	60		RR	HK	Chol	Hs	Zucker	PAT
67	VB	4,73	145/70	47,5	275	4,6	150	III
4								
35	VB	4,03	110/80	42,6	165	3,8	80	II
2								
61		4,07	125/80	45,1	270	6,0	88	IV
1								
65		4,90	165/90	45,9	280	5,4	99	IV - V
1								
63		4,24	145/100	42,6	300	6,7	70	IV - V
1								
59		5,64	145/85	52,8	300	7,5	95	IV - V
1								
65		5,60	155/90	53,0	280	8,0	80	III
1								
73		5,95	170/90	51,6	270	4,7	75	II - III
1								
65		5,82	170/110	51,6	290	8,5	95	III
1								
63		5,12	150/90	45,0	185	5,0	85	IV
1								
48		5,78	150/95	54,2	315	5,9	96	II - III
1								
63		5,60	200/90	56,3	420	6,1	78	IV
1								
46		3,68	120/80	42,9	210	3,5	80	III - IV
4								

gesund Viskosität bei U/min in cps

B	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
67	VB	4,42	135/80	43,8	260	5,3	85	II
4								
35		3,89	105/70	43,2	200	4,5	85	III
2								
61		5,78	170/95	51,7	240	6,0	83	III
1								
65		5,78	120/70	50,8	290	6,0	73	III
1								
63		6,41	150/85	44,0	270	4,3	96	II - III
3								
59		4,31	130/90	49,2	205	5,5	90	III
1								
65		4,41	135/80	53,4	240	4,4	75	IV
1								
73		5,57	135/80	51,5	275	6,5	73	III - IV
1								
65		5,78	120/70	50,8	290	6,0	73	III
1								
63		6,27	135/90	53,7	230	5,5	75	IV - V
1								
48		4,77	105/75	50,0	340	5,2	95	II - III
1								
63		6,27	135/90	53,7	230	5,5	75	IV - V
1								
46		3,34	120/80	44,8	200	4,8	65	III - V
4								

krank

A	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
75	VB	5,74	160/80	50,8	180	3,5	150	III - IV
3								
63		5,01	120/80	50,0	180	4,9	145	III
1								
68		4,27	160/90	45,2	280	6,0	75	III - V
1								
50		5,78	160/100	53,2	210	4,7	150	II
1								
53		4,55	140/85	44,6	290	7,3	70	IV
1								
51		4,87	130/80	50,0	180	4,2	100	III
1								
33		3,68	120/80	41,2	180	4,8	95	IV - V
4								
63		5,12	160/80	51,2	230	5,4	85	IV
1								
69		4,84	170/90	52,4	280	3,8	75	III - V
1								
70		4,31	195/95	47,7	250	5,5	85	IV
1								
62		6,02	160/85	56,0	220	5,3	65	III
1								
26		4,42	100/65	46,0	195	4,6	100	II
4								
69		4,49	130/90	43,6	300	6,4	80	IV - V
4								

gesund

B	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
75	VB	5,45	165/95	48,3	220	4,8	85	II
3								
63		6,27	135/90	53,7	230	5,5	75	IV - V
1								
68		6,02	120/80	55,8	350	2,6	85	I - II
1								
50		4,27	130/90	48,4	250	4,9	82	II
1								
53		4,59	135/100	46,9	150	6,5	88	III
1								
51		4,31	160/100	48,4	230	5,3	120	III - V
1								
33		4,03	110/75	40,6	250	4,5	80	III
4								
63		6,41	150/85	44,0	270	4,3	96	II - III
1								
69		5,99	130/80	50,7	300	6,4	80	IV
1								
70		4,62	125/80	35,8	240	6,8	85	III
1								
62		6,34	180/100	52,0	270	6,6	60	III
1								
26		5,22	140/90	47,7	260	3,5	77	III
4								
69		4,24	140/80	44,5	250	5,7	110	III - IV
4								

krank

A	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
55	VB	5,47	200/110	51,6	220	5,9	75	II
1								
42		5,01	160/100	49,2	230	3,4	75	III
2								
55		5,22	145/80	46,2	365	4,7	300	II - III
1								
67		4,73	130/80	46,2	230	5,7	60	IV - V
1								
62		7,92	225/140	58,5	195	7,2	330	III - IV
1								
69		7,81	160/85	43,1	215	6,0	115	II - III
1								
57		4,66	180/90	44,1	245	6,0	84	IV - V
2								
67		6,09	150/80	47,7	225	5,5	104	III - IV
1								
29		4,42	120/85	38,6	250	4,4	70	III - IV
2								
38		4,84	155/90	47,6	210	5,9	76	IV
1								
71		4,45	125/80	48,2	195	4,4	192	II
1								
65		4,66	140/85	43,8	210	7,4	115	IV - V
1								
54		5,99	110/70	51,5	250	4,1	76	III
1								

gesund

B	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
55	VB	4,77	130/90	48,4	350	5,5	80	II - III
1								
42		4,59	135/80	49,6	190	5,3	95	IV - V
2								
55		4,77	140/85	47,0	300	4,7	96	III
1								
67		5,78	120/70	50,8	290	6,0	173	III
1								
62		6,33	180/100	52,0	270	6,6	60	III
1								
69		5,99	130/80	50,7	300	6,4	80	IV
1								
57		4,24	145/90	48,4	255	6,1	70	II
2								
67		5,78	120/70	50,8	290	6,0	173	III
1								
29		4,48	120/80	42,9	270	4,4	82	II - III
2								
38		4,38	130/90	44,9	195	3,8	70	II - III
1								
71		4,62	125/80	35,8	240	6,8	85	III
1								
65		4,41	135/80	53,4	240	4,4	75	IV
1								
54		4,55	150/95	41,8	195	4,3	89	IV - V
1								

krank

A	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
62	VB	5,01	200/85	43,2	200	5,9	151	III
4								
66		5,32	160/90	42,2	240	6,7	80	III
1								
49		7,15	150/90	50,4	250	5,3	65	III
1								
66		6,64	140/80	50,4	220	4,8	90	II - III
1								
38		5,78	140/100	47,5	285	7,6	84	II - III
1								
73		5,04	135/80	50,8	265	4,3	94	II - III
1								
31		4,34	115/80	42,7	180	4,1	106	II
4								
66		5,43	140/80	52,3	255	5,2	95	IV - V
1								
18		4,52	110/70	50,0	180	4,2	75	II - III
1								
52		5,43	160/80	49,2	250	6,1	86	III - IV
1								
64		5,60	140/70	49,2	200	4,9	150	III
3								
49		5,39	130/95	51,6	210	7,6	75	III - IV
3								
77		4,59	140/85	48,8	230	6,8	96	IV
1								

gesund

B	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
62	VB	4,59	130/90	44,5	200	5,6	150	II - III
4								
66		5,29	130/80	49,6	270	5,3	80	IV - V
1								
49		5,47	115/90	50,0	250	5,0	75	III
1								
66		5,78	120/70	50,8	290	6,0	173	III
1								
38		4,38	130/90	44,9	195	3,8	70	II - III
1								
73		4,62	125/80	35,8	240	6,8	85	III
1								
31		4,52	110/75	44,7	200	3,1	75	II - III
4								
66		5,29	130/80	49,6	270	5,3	80	IV - V
1								
18		4,00	115/70	41,3	170	6,1	45	II - III
1								
52		4,31	150/100	48,4	230	5,3	120	III - IV
1								
64		5,67	169/95	45,1	265	7,5	90	IV
3								
49		5,29	120/95	54,0	200	5,7	90	II
3								
77		5,78	145/80	50,4	195	6,2	90	III
1								

krank

A	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
48	VB	4,69	130/80	48,9	250	3,8	78	II
4								
68		4,84	130/95	47,7	290	6,1	75	III
4								
68		5,32	180/95	51,7	350	5,5	115	III - V
1								
77		5,12	130/80	53,6	280	4,3	90	IV – V
1								
64		5,15	170/95	48,8	250	6,6	80	IV - V
2								
66		5,04	140/100	47,1	350	4,2	150	IV - V
1								
68		5,08	170/105	51,2	200	5,7	98	II - III
1								
71		6,76	170/95	55,9	200	5,3	90	IV - V
1								
62		5,47	175/95	56,7	220	3,3	182	III - V
3								
66		4,84	160/90	54,1	400	4,7	320	III - IV
1								
68		5,08	145/75	46,8	270	5,0	70	III
2								
63		5,02	120/85	51,1	250	5,7	80	IV - V
3								
33		4,38	125/85	46,3	180	3,6	82	II - III
4								

gesund

B	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
48	VB	5,25	155/100	41,6	215	5,1	84	IV - V
4								
68		4,24	140/80	44,5	250	5,7	110	III - IV
4								
68		6,02	120/80	55,8	350	2,6	85	I - II
1								
77		5,78	145/80	50,4	195	6,2	90	III
1								
64		4,20	130/90	45,9	205	5,3	75	II
2								
66		5,78	120/70	50,8	290	6,0	173	III
1								
68		5,99	130/80	50,7	300	6,4	80	IV
1								
71		4,62	125/80	35,8	240	6,8	85	III
1								
62		6,41	150/85	44,0	270	4,3	96	II - III
3								
66		5,78	120/70	50,8	290	6,0	173	III
1								
68		4,03	145/95	46,9	200	2,9	79	II - III
2								
63		4,59	145/90	51,2	220	3,8	130	III
3								
33		4,03	110/75	40,6	250	4,5	80	III
4								

krank

A	60	RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
70	VB 4,11	190/90	32,5	250	8,3	110	III - IV
1							
74	4,80	160/90	51,2	320	5,2	85	III
1							
68	5,78	140/80	54,3	290	6,2	85	III - IV
1							
80	5,50	130/80	47,0	150	6,2	100	III - IV
4							
50	5,57	140/80	49,2	235	7,3	75	III
1							
50	6,44	160/95	51,5	260	6,1	58	IV
1							
55	6,13	170/90	56,0	240	6,5	82	V
1							
56	7,04	170/90	58,8	240	6,5	80	V
1							
65	4,34	160/90	46,9	330	5,4	85	II - III
4							
58	3,68	165/80	37,2	280	5,2	75	IV
4							
70	3,68	190/80	41,8	170	6,5	80	III
4							
29	4,94	130/90	50,0	240	8,8	73	III - IV
1							
77	4,45	150/80	43,3	230	4,4	272	III
1							

gesund

B	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
70	VB	4,45	160/80	47,4	280	5,1	70	III
1								
74		4,62	125/85	35,7	235	7,2	90	III
1								
68		5,99	130/80	50,7	300	6,4	80	IV
1								
80		5,04	140/70	47,6	290	4,8	98	II - III
4								
50		4,14	110/70	40,4	210	6,6	100	II
1								
50		4,14	110/70	40,4	210	6,6	100	II
1								
55		4,77	140/85	47,0	300	4,7	96	III
1								
56		6,44	150/85	51,7	260	5,5	81	III - IV
1								
65		4,24	140/80	44,5	250	5,7	110	III - IV
4								
58		4,42	195/95	47,7	250	4,5	55	II - III
4								
70		4,97	160/80	48,1	150	6,0	60	IV
4								
29		5,08	120/90	50,7	200	7,5	53	I - II
1								
77		5,45	165/95	48,3	220	4,8	85	II
1								

krank

A	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
64	VB	5,08	130/90	50,7	230	5,3	240	IV - V
3								
73		7,81	140/90	62,5	280	4,5	100	III - IV
1								

gesund

B	60		RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
64	VB	5,67	169/95	45,1	265	7,5	90	IV
3								
73		4,62	125/80	35,8	240	6,8	85	III
1								

S T A T I S T I K D E R K R A N K E N

	VB	RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
1	5,35	111	49,9	256	5,8	108	III - IV
2	4,72	108	45,02	235	4,87	76,5	III - IV
3	5,46	107	43,5	215	5,0	129	III - IV
4	4,39	102	44,49	227,86	5,05	95,5	III

Alle Kranken

4,92	108	47,24	237,2	5,35	97,99	III - IV

S T A T I S T I K D E R G E S U N D E N

	VB	RR	HK	Chol	HS	Zucker	PAT
1	5,25	109	47,7	255	5,6	91	III
2	4,24	98,5	46,15	220	4,75	79,67	II - III
3	5,52	111	48,4	240	5,7	93	III
4	4,54	101	44,66	233,93	4,91	88,5	III

Alle Gesunden

4,83	100	46,7	233,4	5,16	86,98	II - III

Bezeichnung der einzelnen Spalten der Wertetabelle von links nach rechts

A	= Patienten mit obliterierender Angiopathie
P	= Patienten ohne obliterierender Angiopathie
VB	= Vollblut
1. Zahl	= Alter des Patienten
darunter	: Kennzahl 1 = RM, 2 = RF, 3 = NM, 4 = NF
2. Zahl	= Vollblutviskositätswert, gemessen im Viskosimeter bei 60 U/min
RR	= Blutdruckbestimmung nach Riva-Rocci systolisch/diastolisch
HK	= Hämatokrit in %
Chol	= Cholesterin in mg %
HS	= Harnsäure in mg %
Zucker	= Blutzucker in mg %
PAT	= Plättchenaggregationstest in Stufen I-V

Grenzwerte der Risiko-faktoren

PAT	RR	HK	Chol	HS	Zucker
II-III	145/90 Torr	♂48 % ♀45 %	220 mg	♂6,5 mg ♀6,0 mg%	120 mg%

Anzahl der über diesen Grenzwerten liegenden Risiko-faktoren

Gruppe A - Kranke

	Anz	PAT	RR	HK	Chol	HS	Zuck	Visk
1 RM	54	42	32	33	38	13	8	24
	%	77,7	59,2	61,1	70,3	24	14,8	
2 RF	6	5	3	3	5	1	-,-	3
	%	83,3	50	50	83,3	16,6	-,-	
3 NM	6	6	3	5	3	1	2	3
	%	100	50	83,3	50	16,6	33,3	
4 NF	14	10	4	7	6	4	2	7
	%	71,4	28,5	50	42,8	28,5	33,3	
Gesamt		63	42	48	52	19	12	37

Gruppe B - Gesunde

	Anz	PAT	RR	HK	Chol	HS	Zuck	Visk
1 RM	54	39	8	35	41	11	5	29
	%	72,2	14,8	64,8	75,9	20,3	9,2	
2 RF	6	2	2	4	2	1	-,-	2
	%	33,3	33,3	66,6	33,3	16,6	-,-	
3 NM	6	4	3	6	4	3	1	3
	%	66,6	50	100	66,6	50	16,6	
4 NF	14	10	4	3	9	-,-	1	5
	%	71,4	28,5	21,4	64,2	-,-	7,1	
Gesamt		55	17	48	56	15	7	39

D GRAPHISCHE DARSTELLUNG

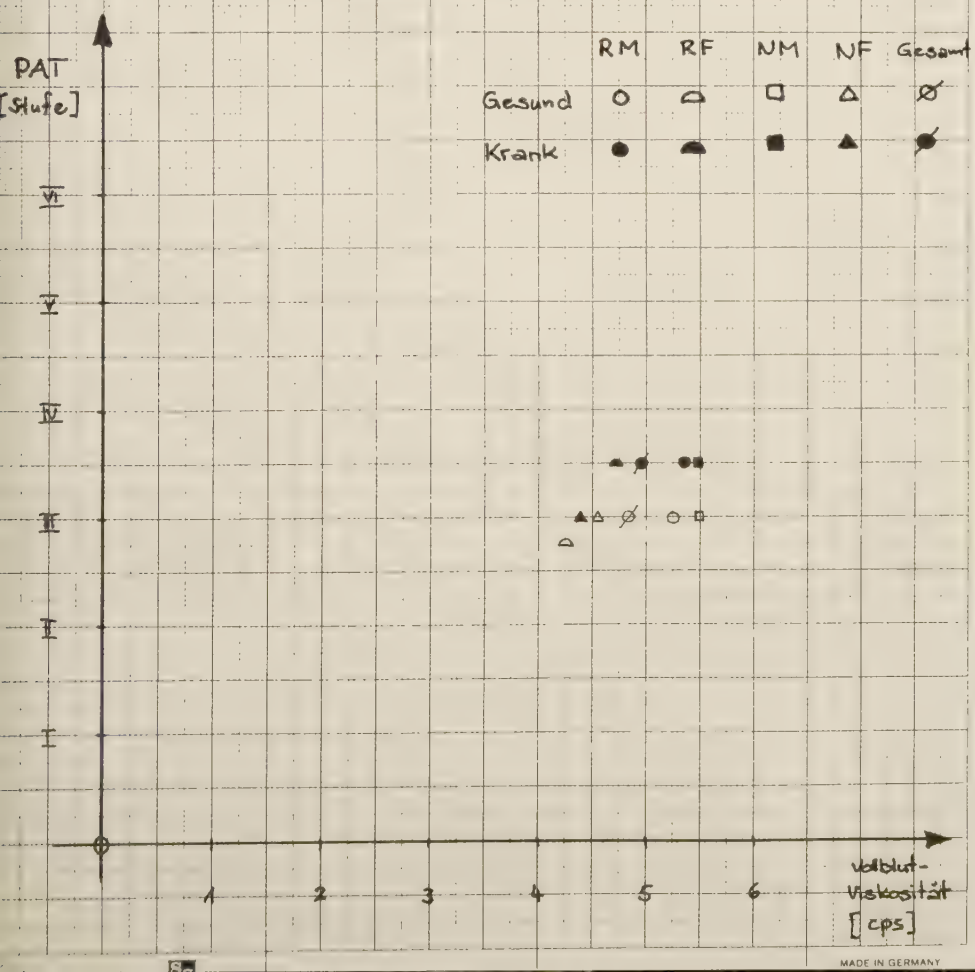
Zeichenerklärung

Probandengruppe

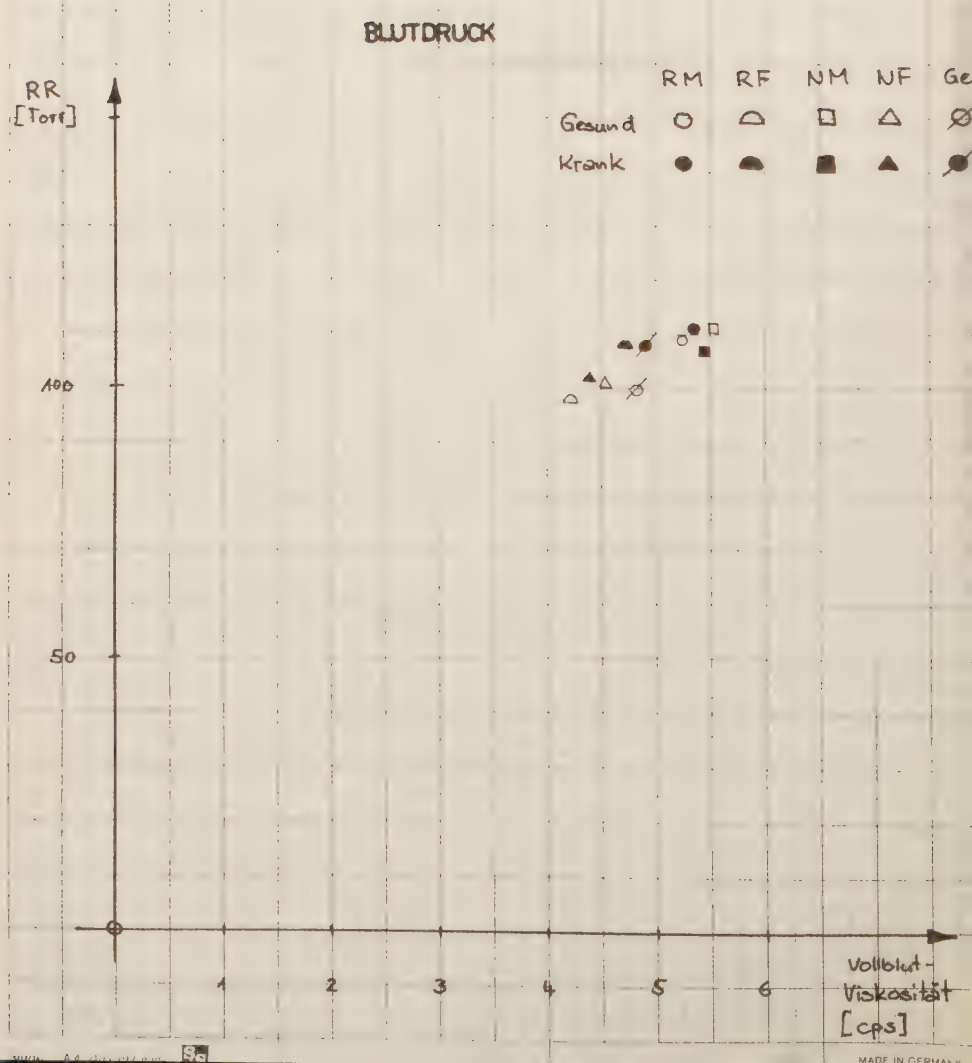
	1 RM	2 RF	3 NM	4 NF	Gesamt
Gesund					
Krank					
Anzahl	54	6	6	14	80
Anteil	67,5 %	7,5 %	7,5 %	17,5 %	

In den Diagrammen wird die Beziehung der einzelnen Gruppendurchschnittswerte der Viskosität zu den entsprechenden Durchschnittswerten der Risikofaktoren graphisch aufgezeigt.

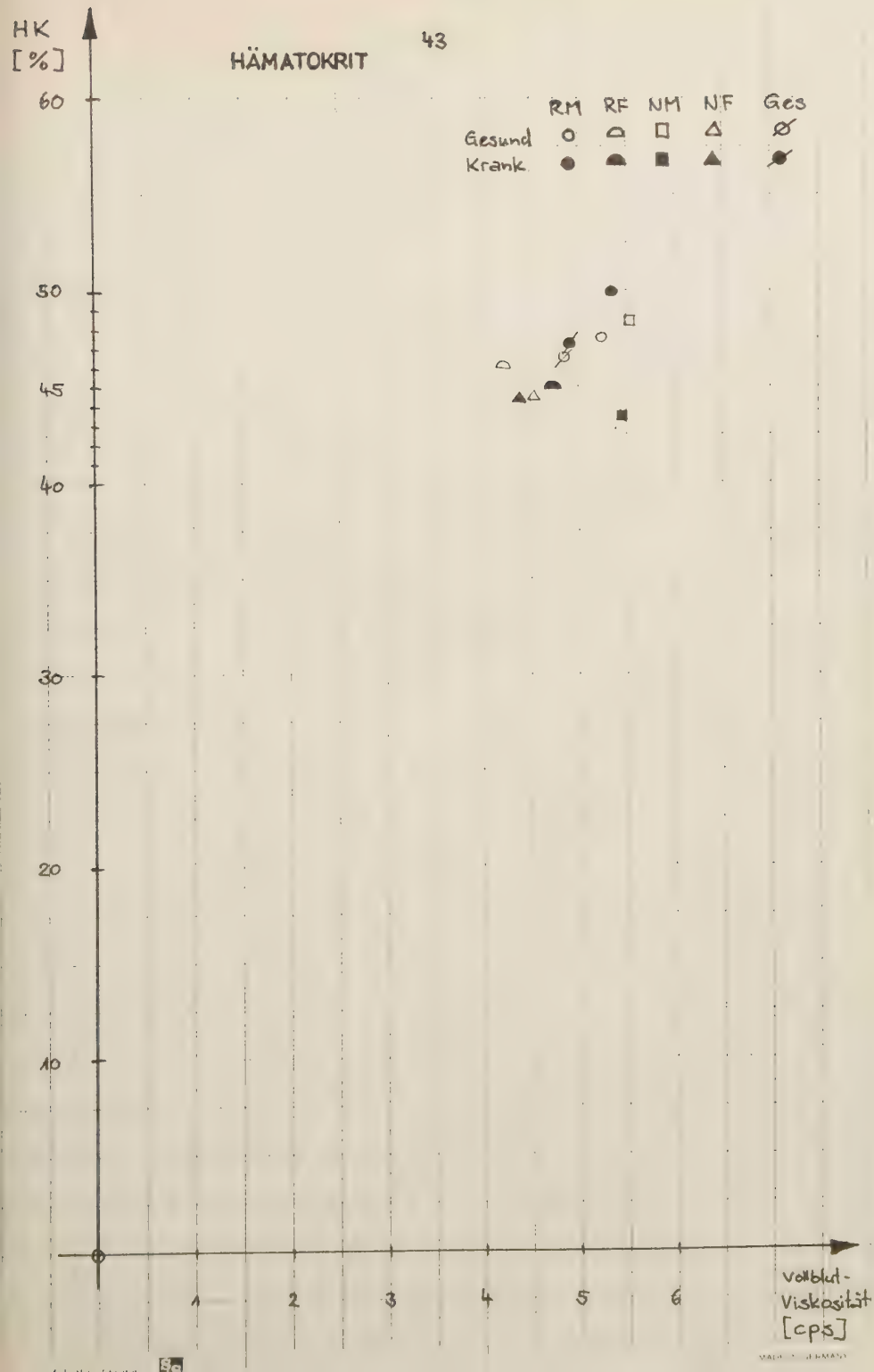
PLÄTTCHENAGGLUTINATION

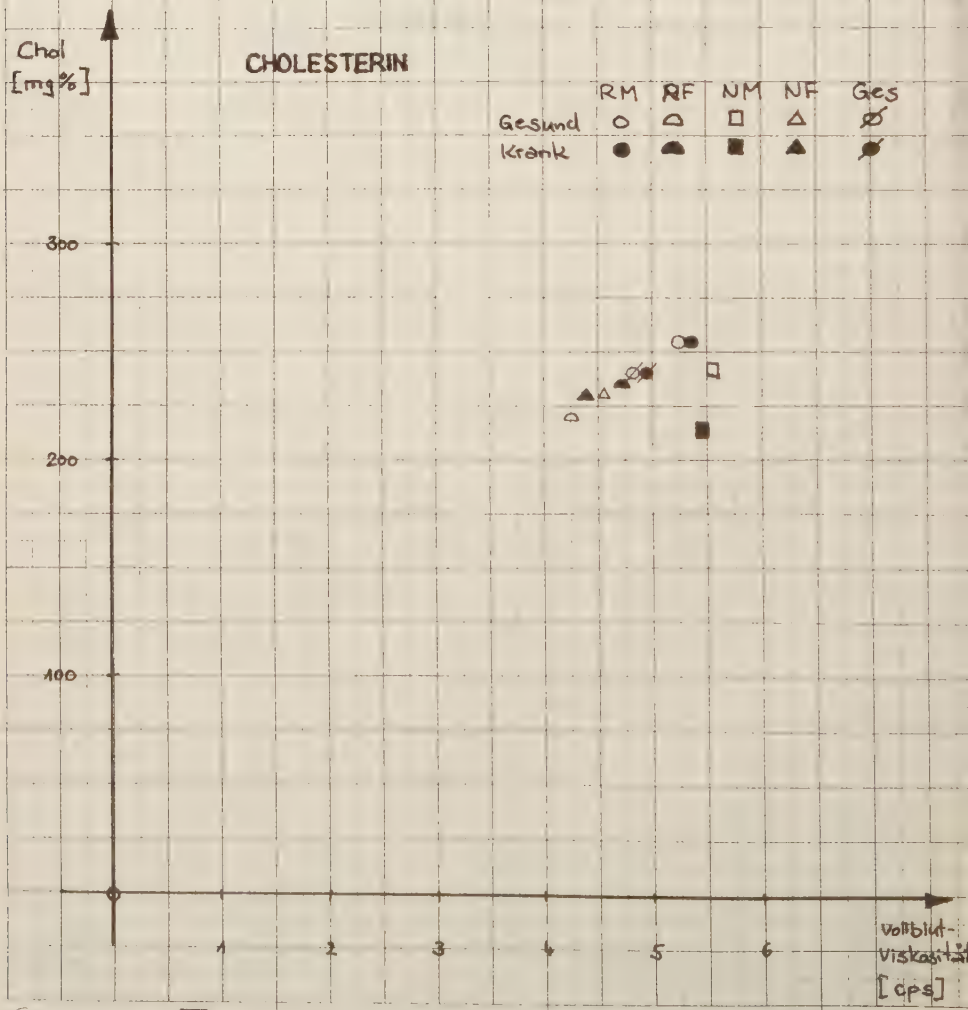


MADE IN GERMANY

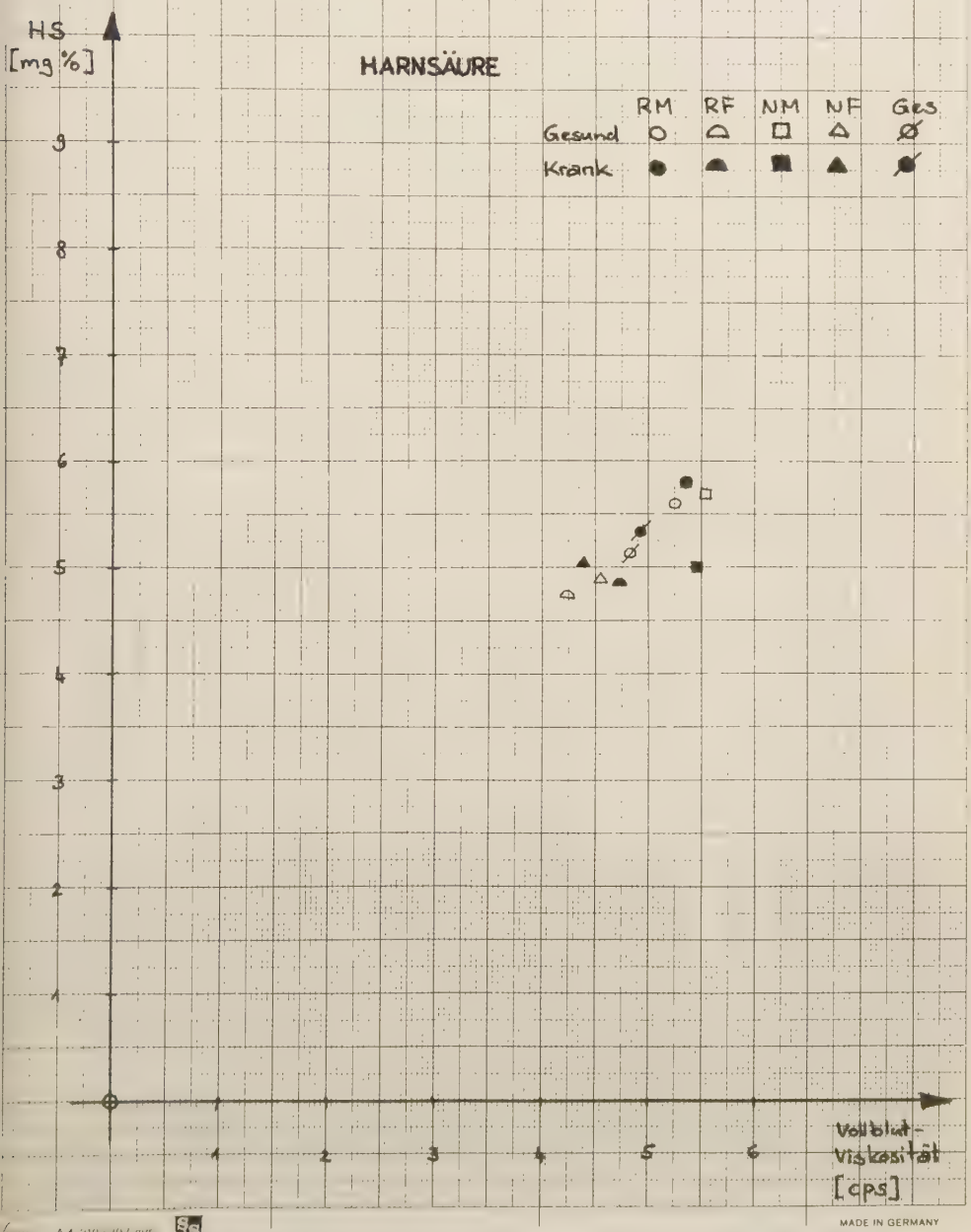

BLUTDRUCK
RR
[Torr]
RM
RF
NM
NF
Ge
Gesund
Krank
100
50
1
2
3
4
5
6
Vollblut-
Viskosität
[cps]

HÄMATOKRIT


HK
[%]
60
50
45
40
30
20
10
RM RF NM NF Ges
Gesund
Krank
1
2
3
4
5
6
Vollblut-
Viskosität
[cps]

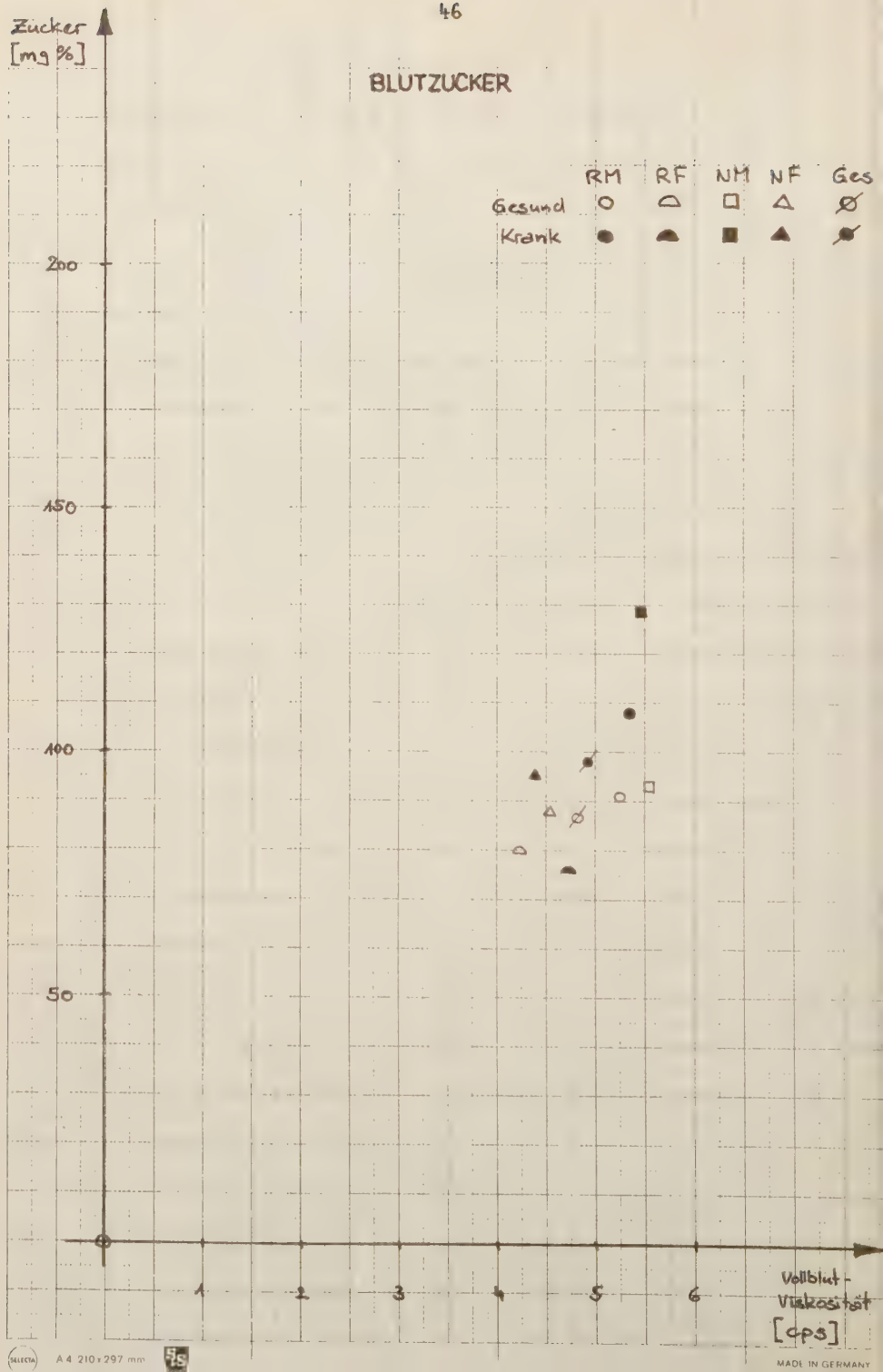


SELECTA A 4 210 x 297 mm
MADE IN GERMANY



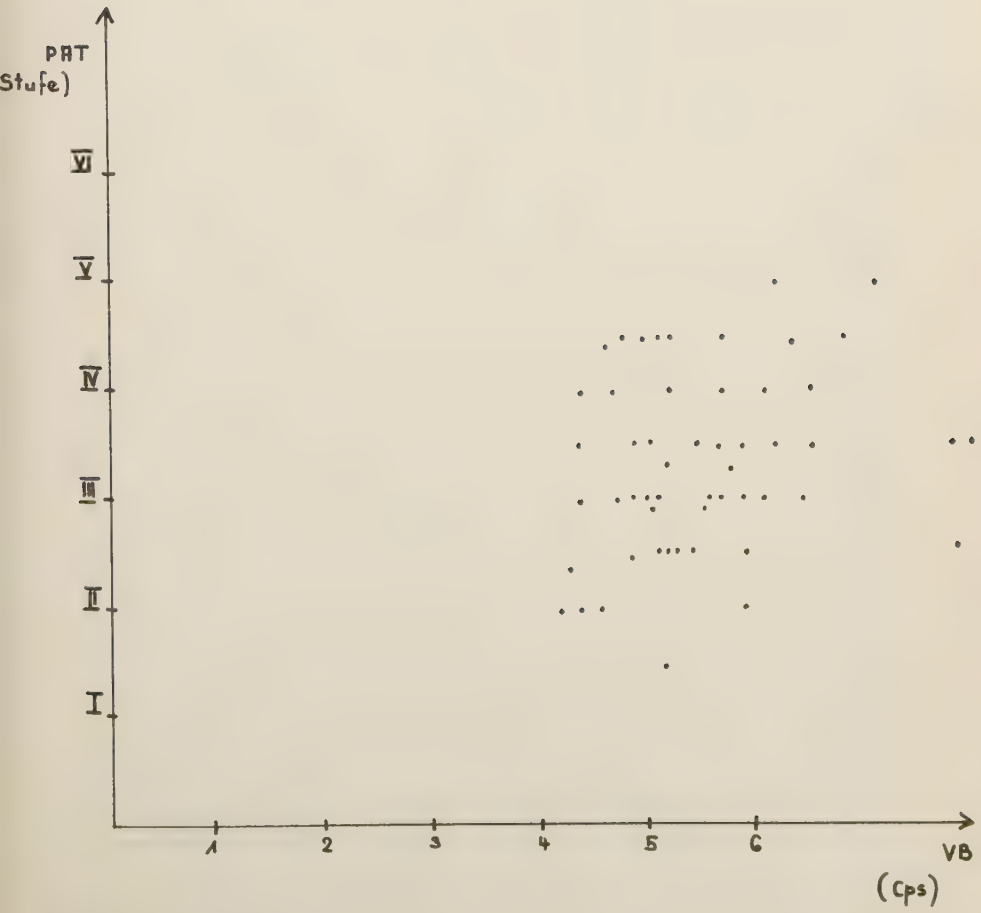
MADE IN GERMANY

BLUTZUCKER

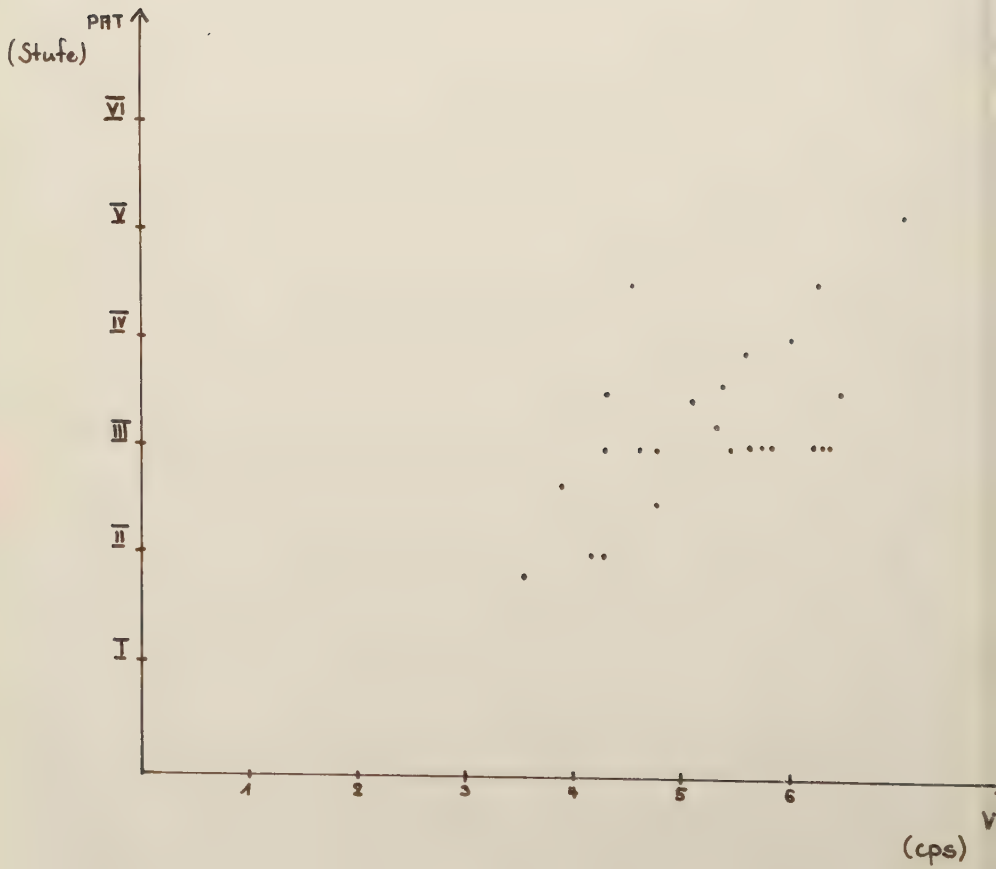


SELECTA A 4 210 x 297 mm
MADE IN GERMANY

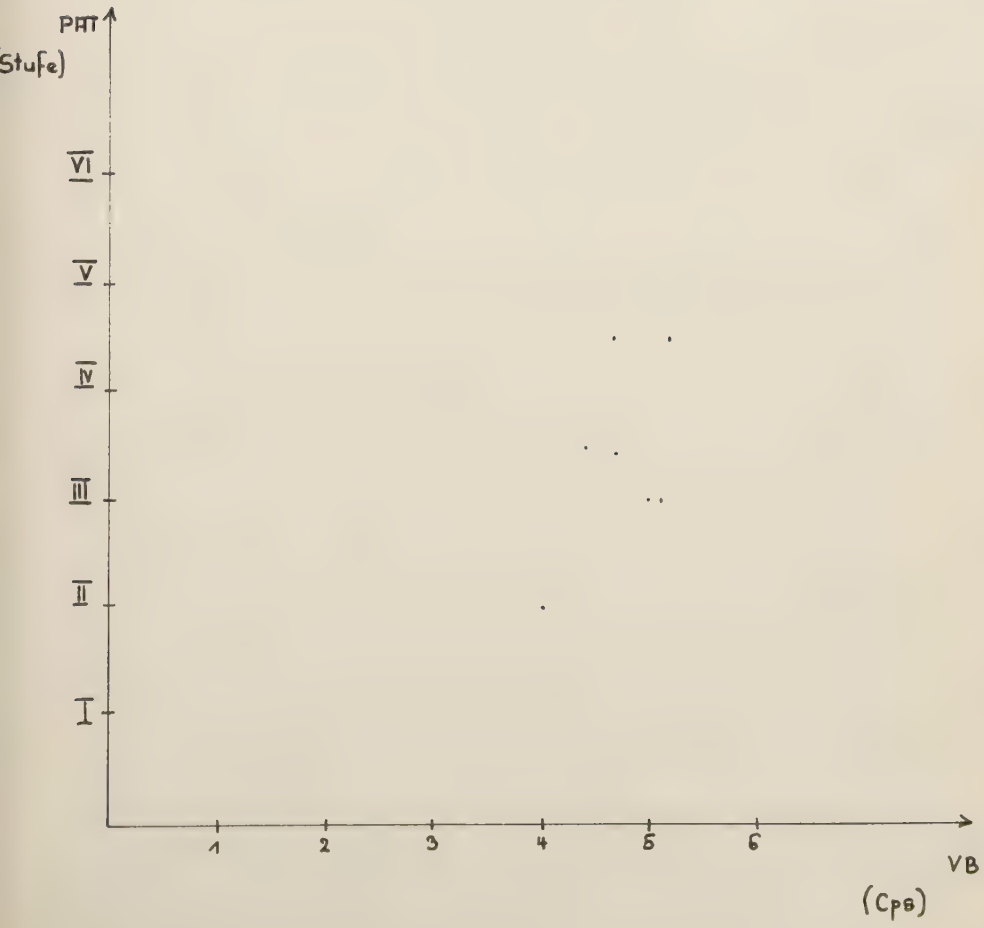
① RM - KRANK



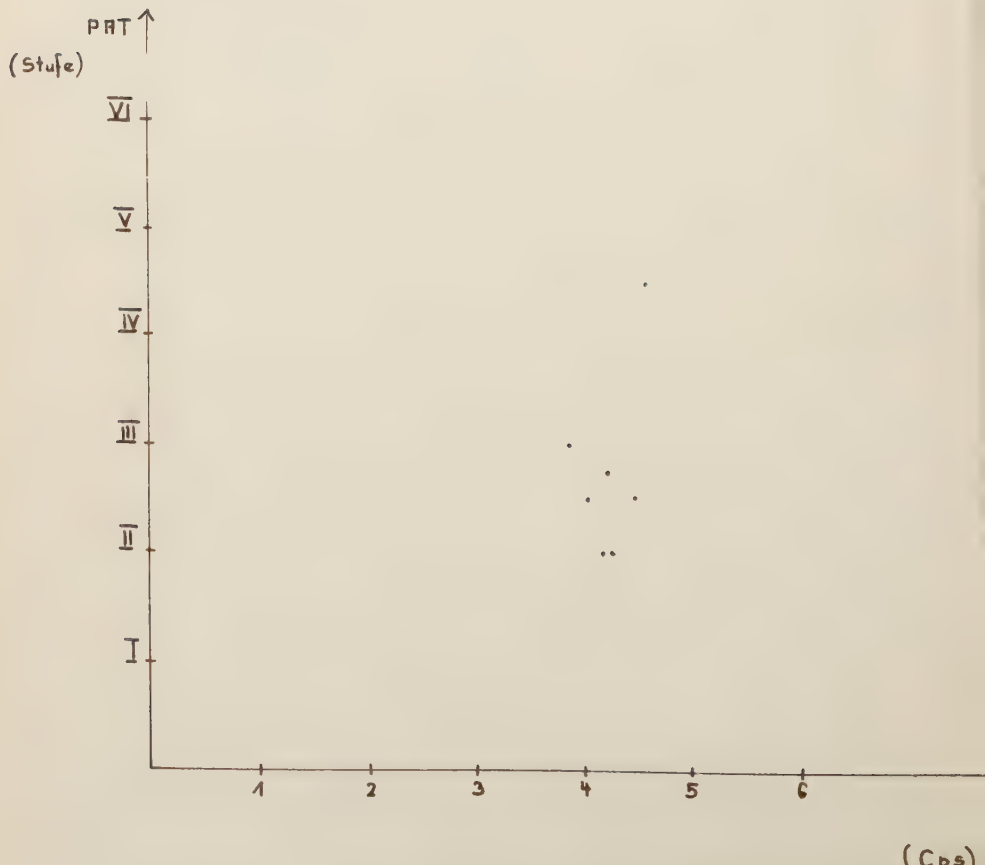
① RM - GESUND



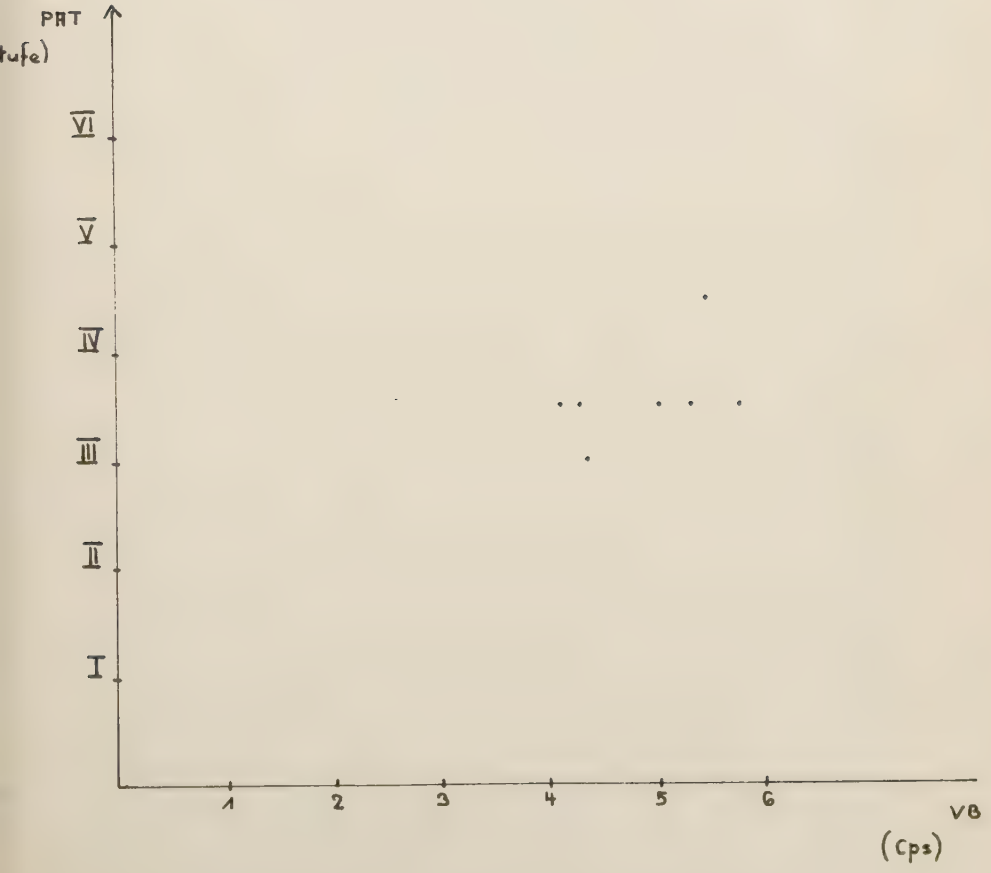
(2) RF - KRANK



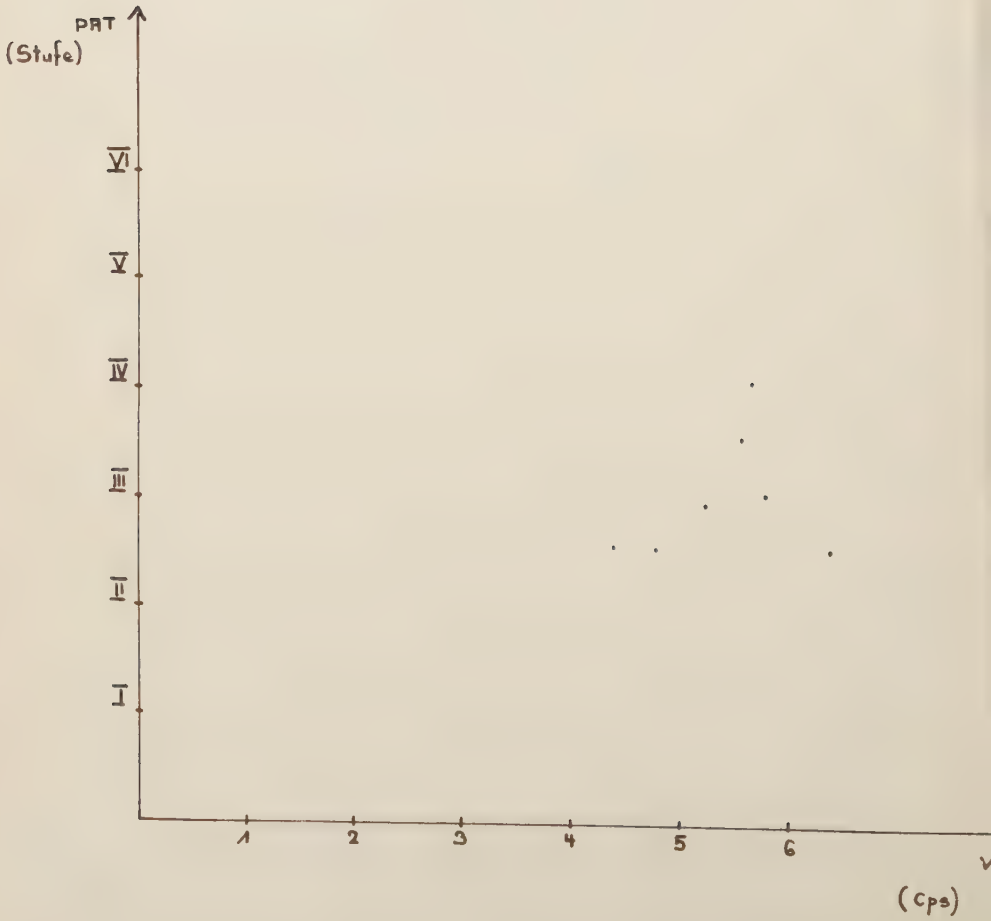
② RT - GESUND



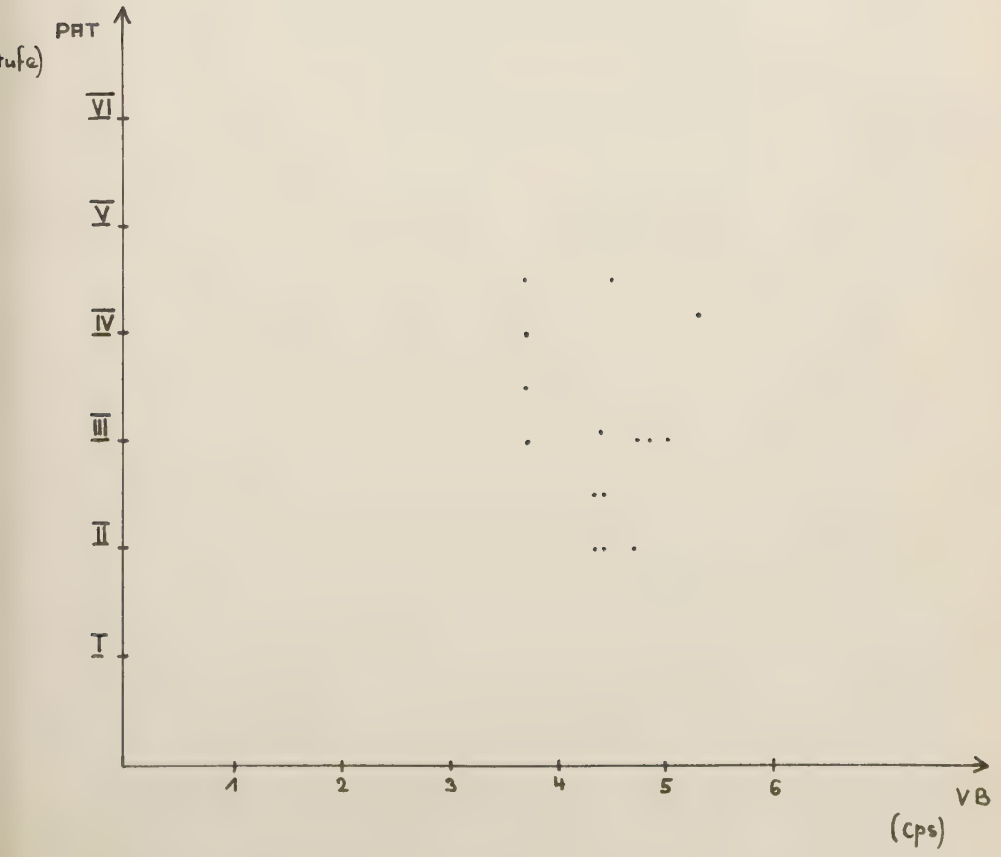
③ NM - KRANK



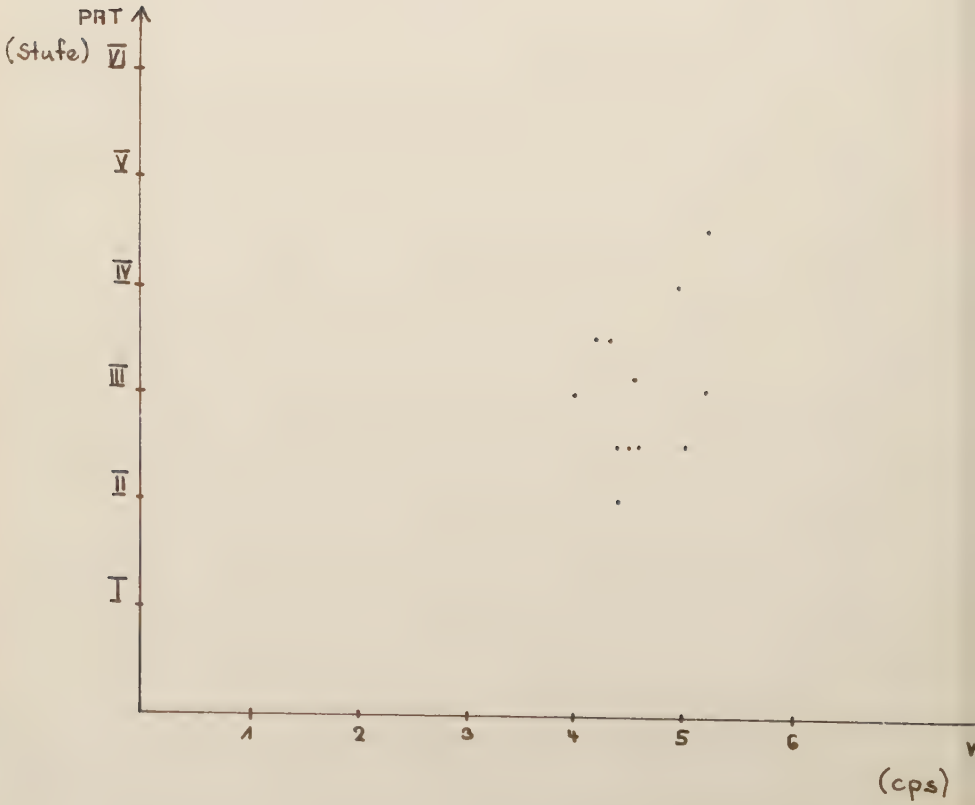
⑤ NM - GESUND



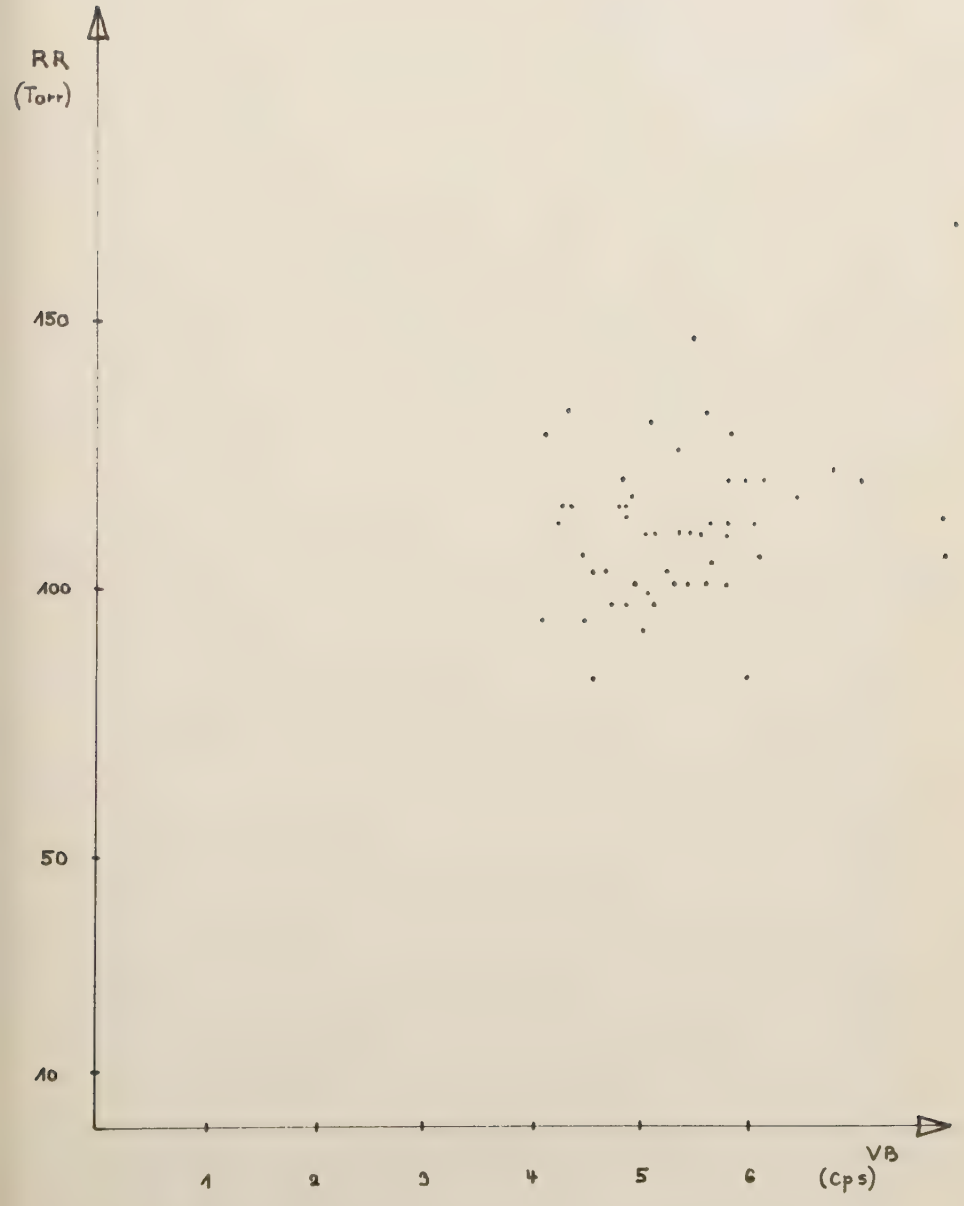
④ NF — KRANK



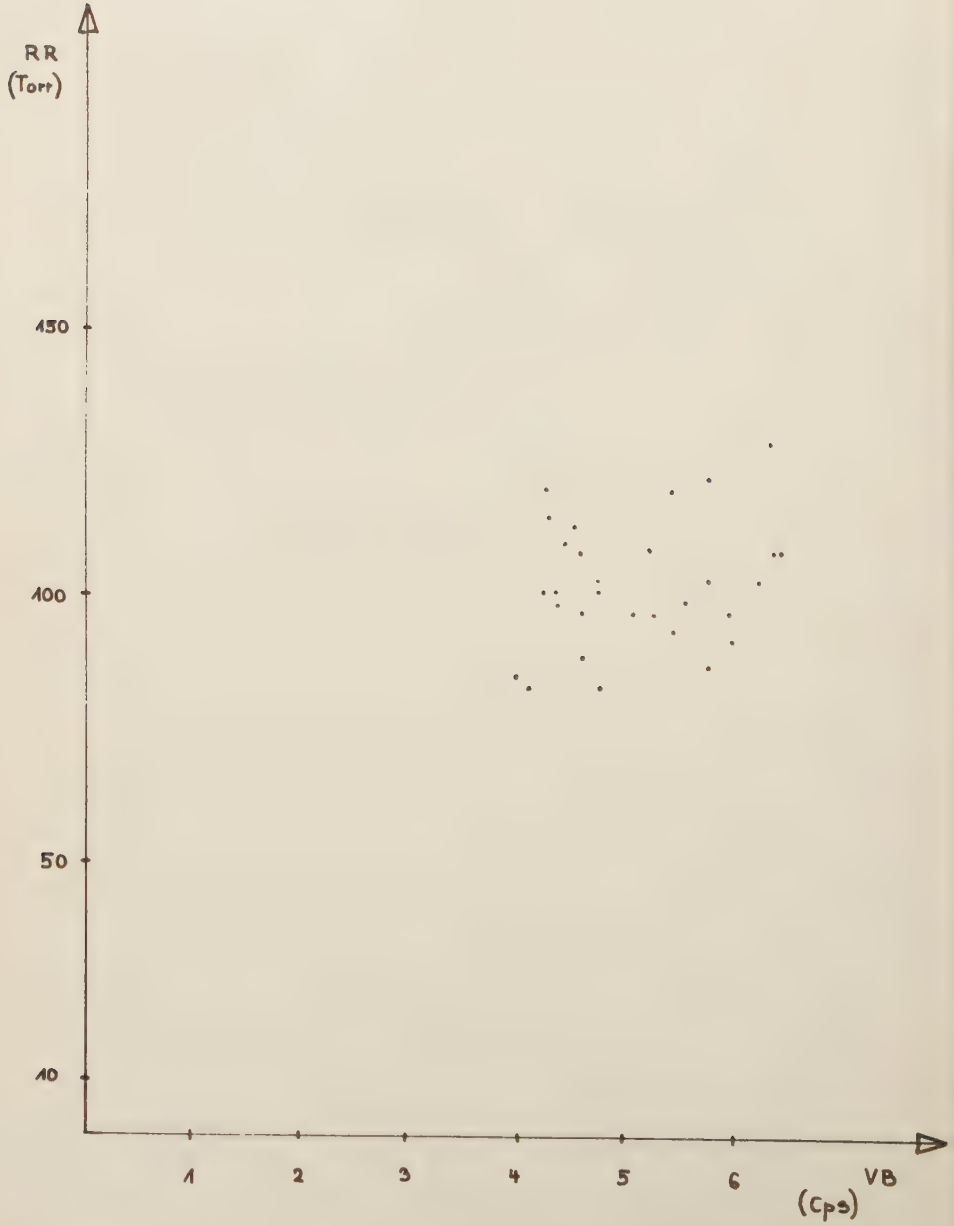
④ NF - GESUND



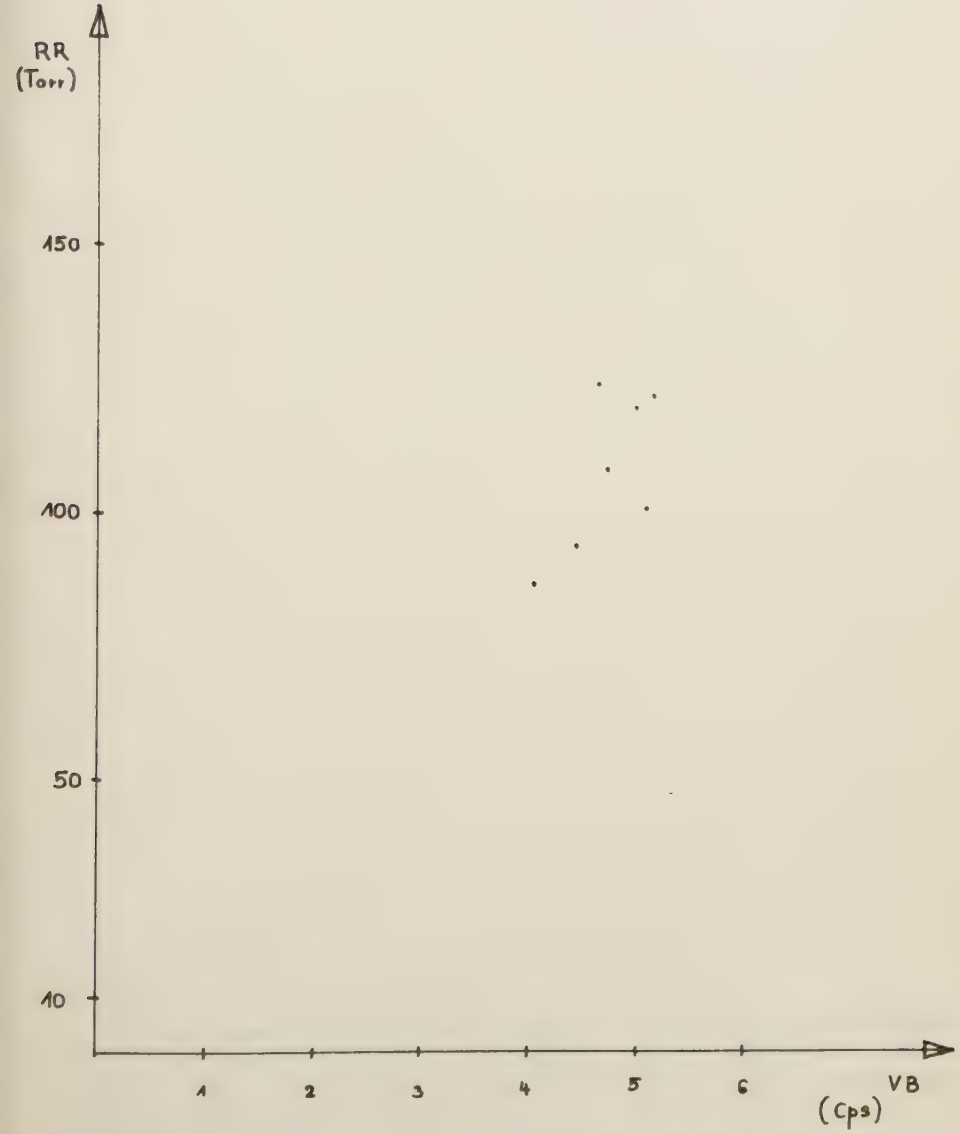
① RM - KRANK



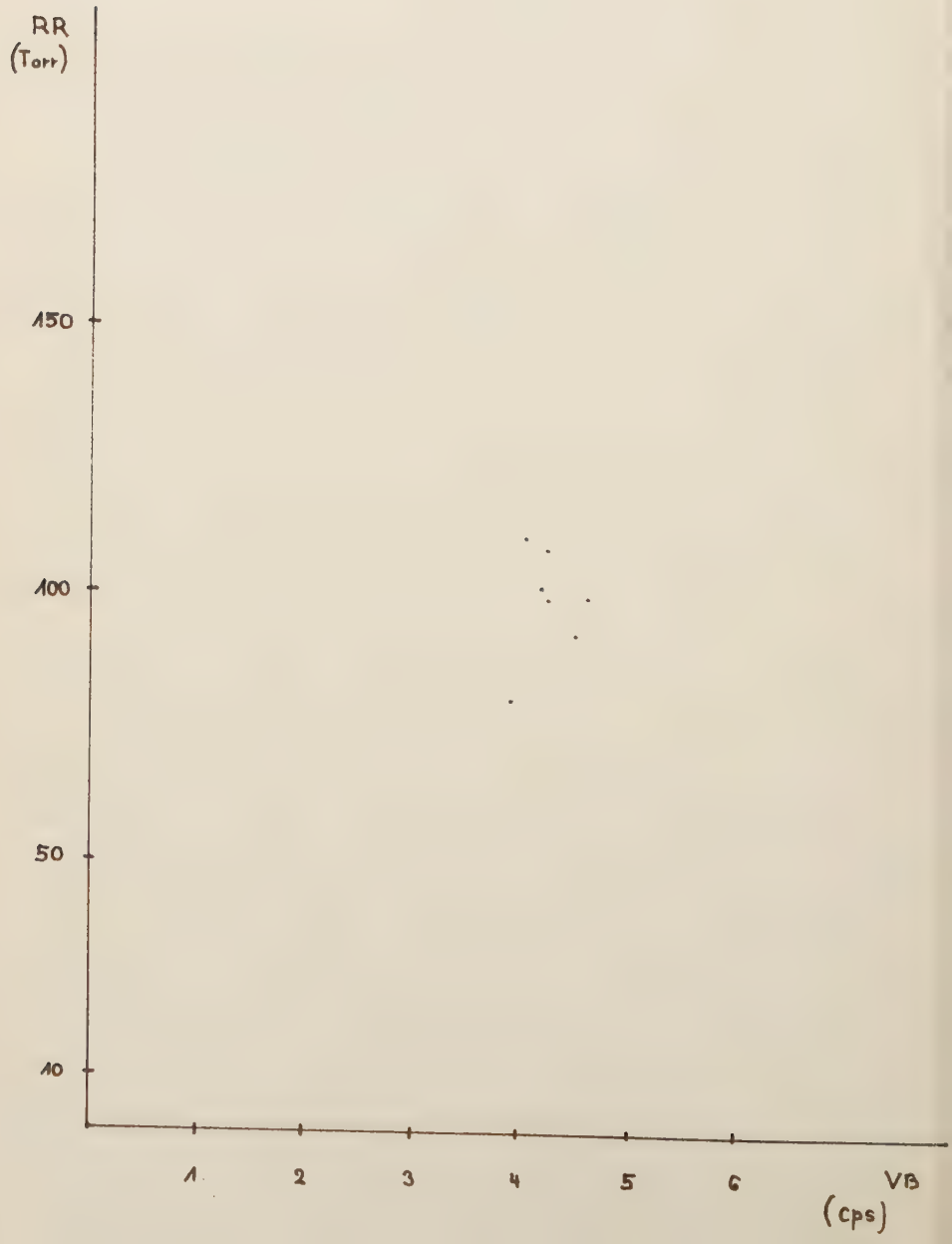
① RM - GESUND



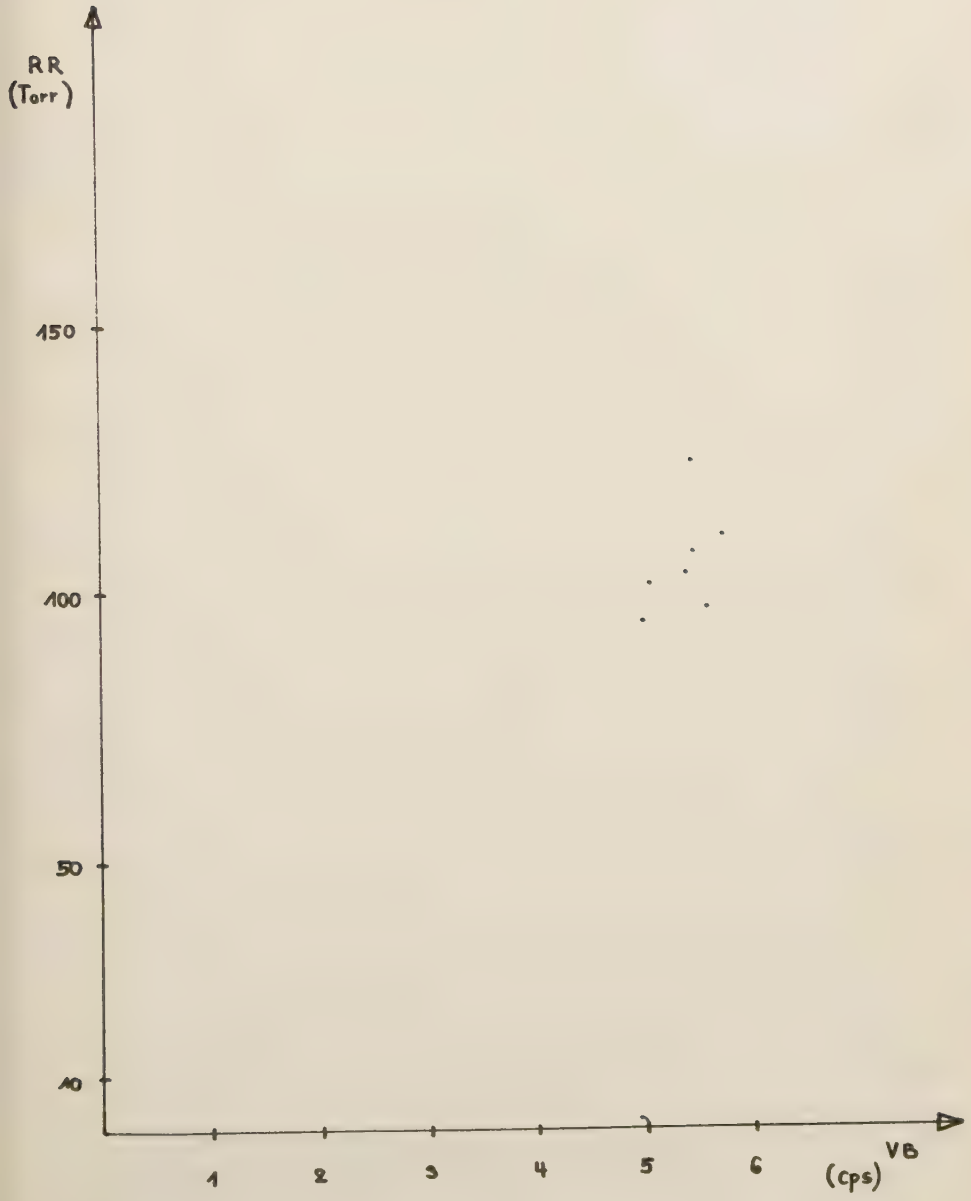
(2) RF - KRANK



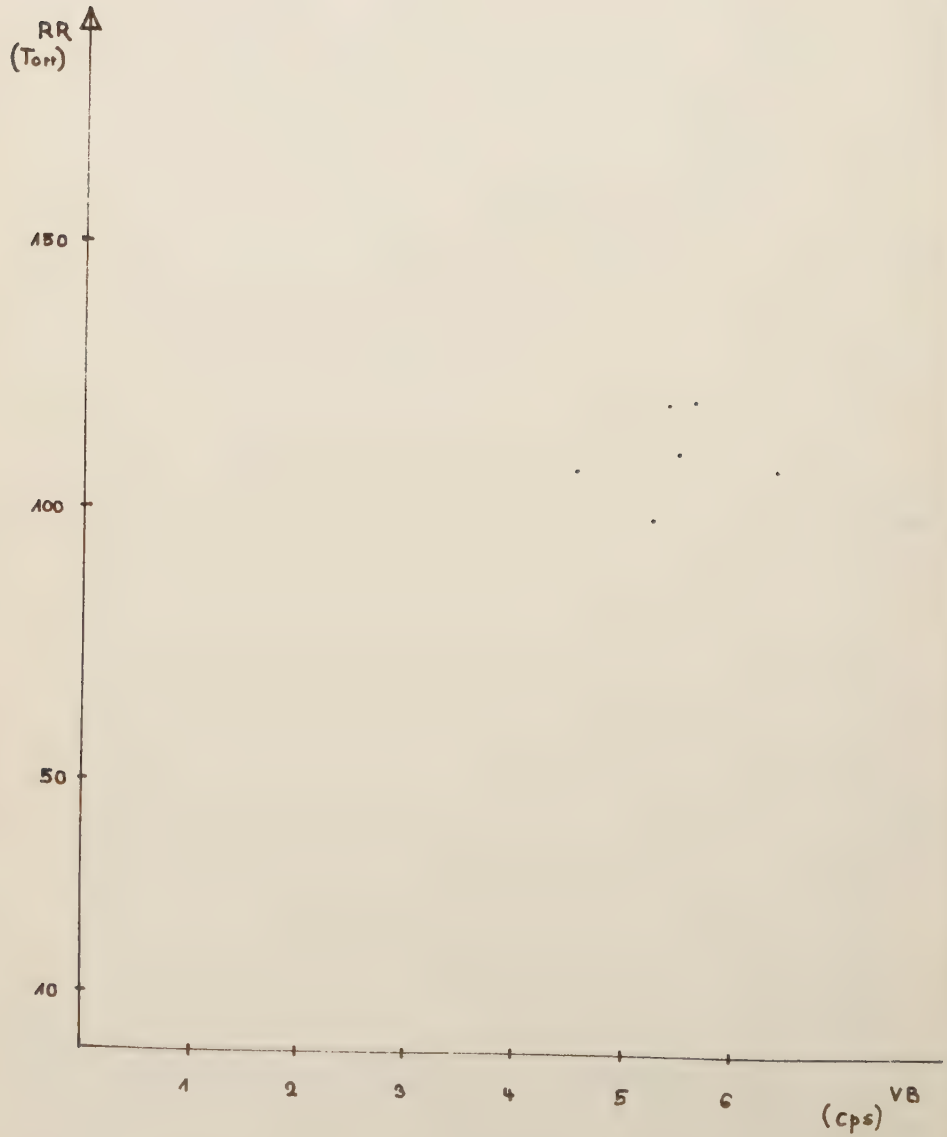
② RF - GESUND



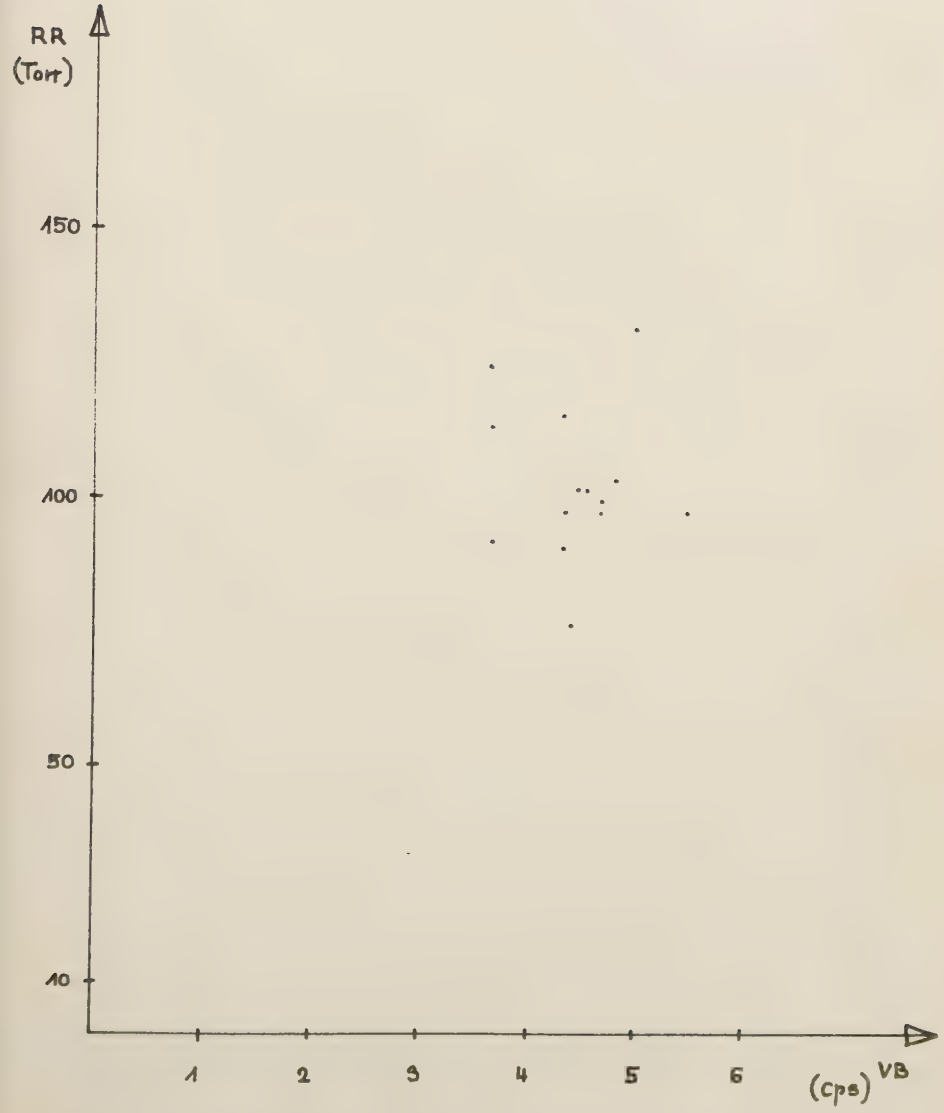
③ NM - KRANK



③ NM – GESUND

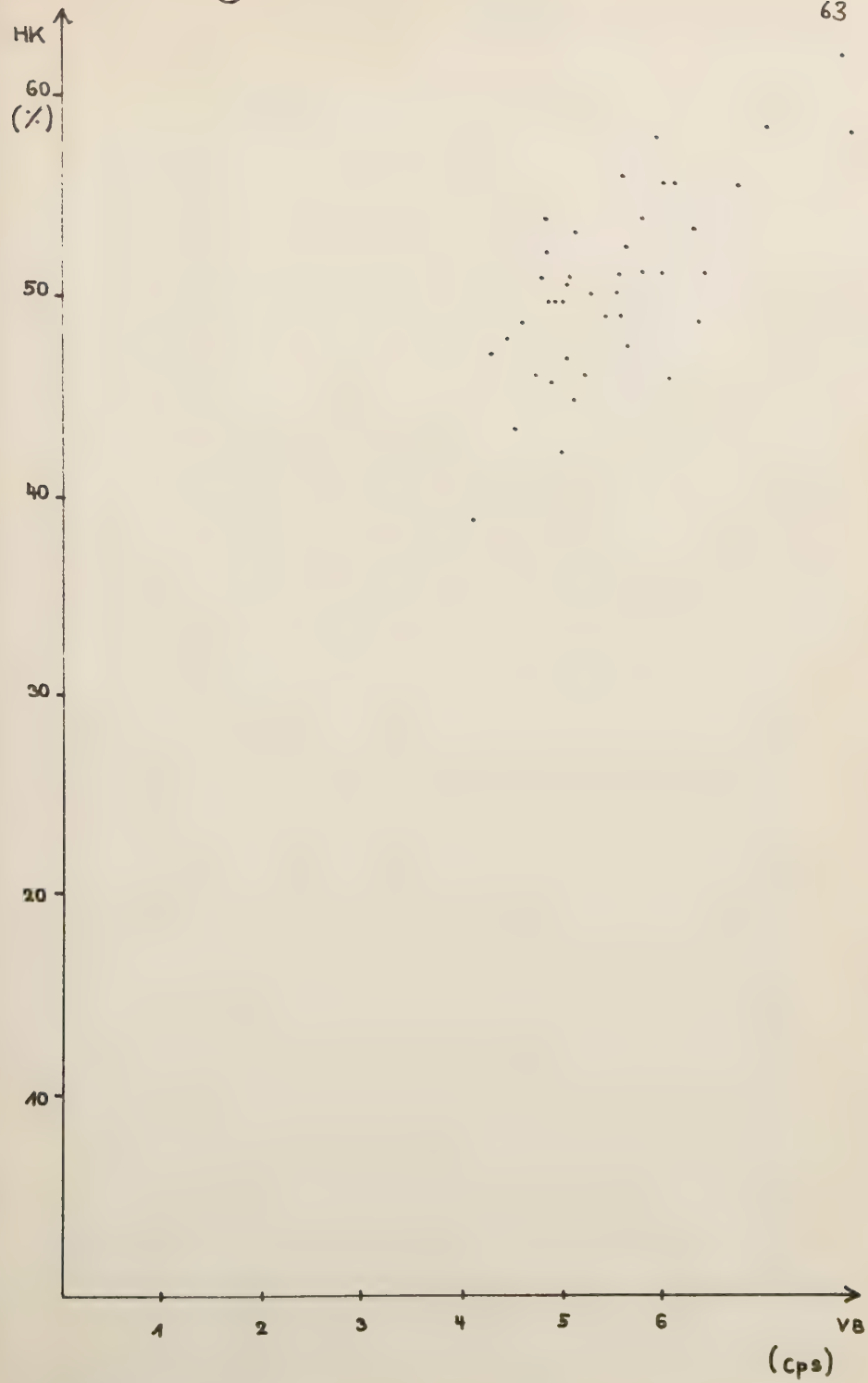


④ NF - KRANK

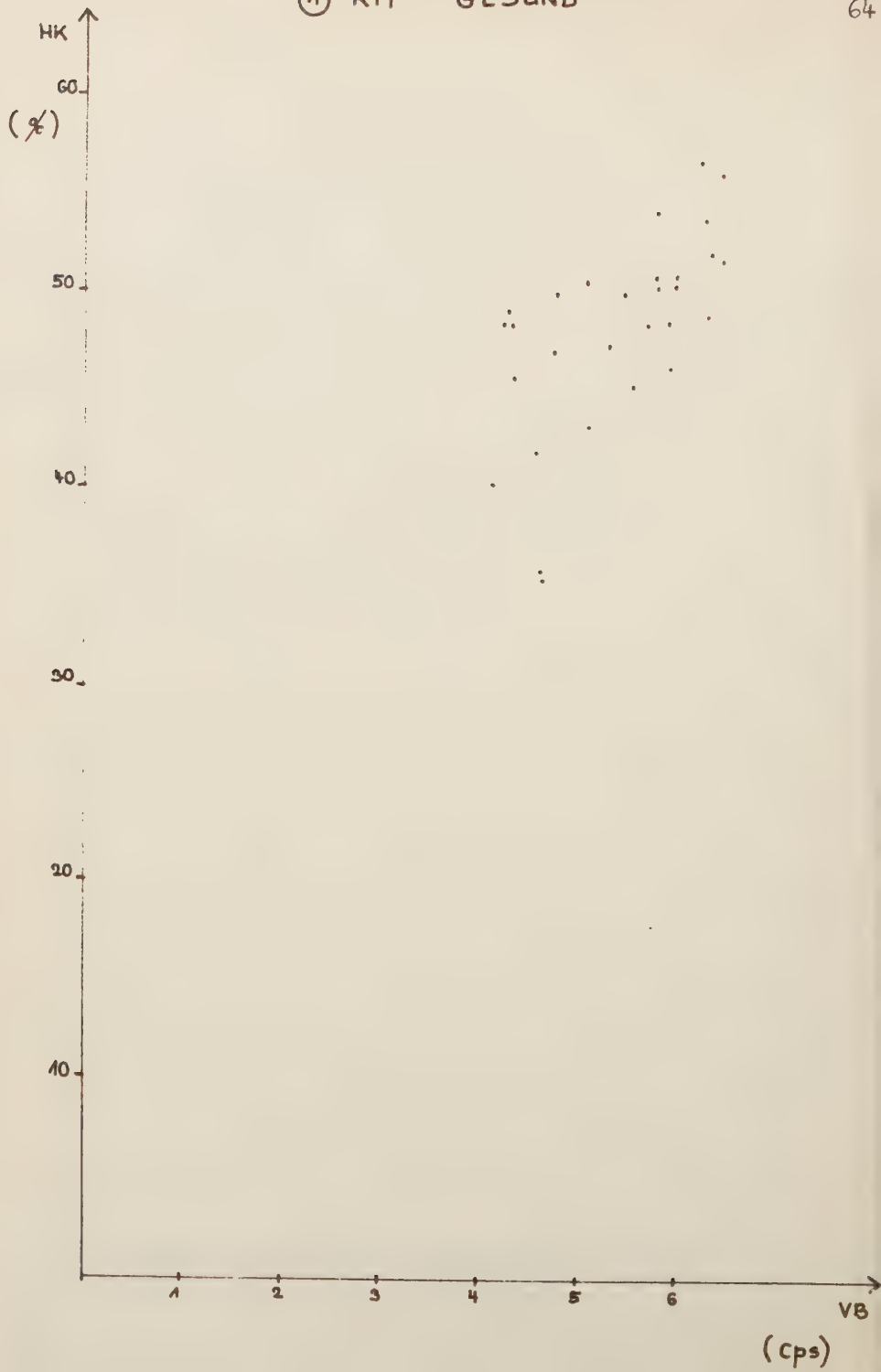


④ NF - GESUND

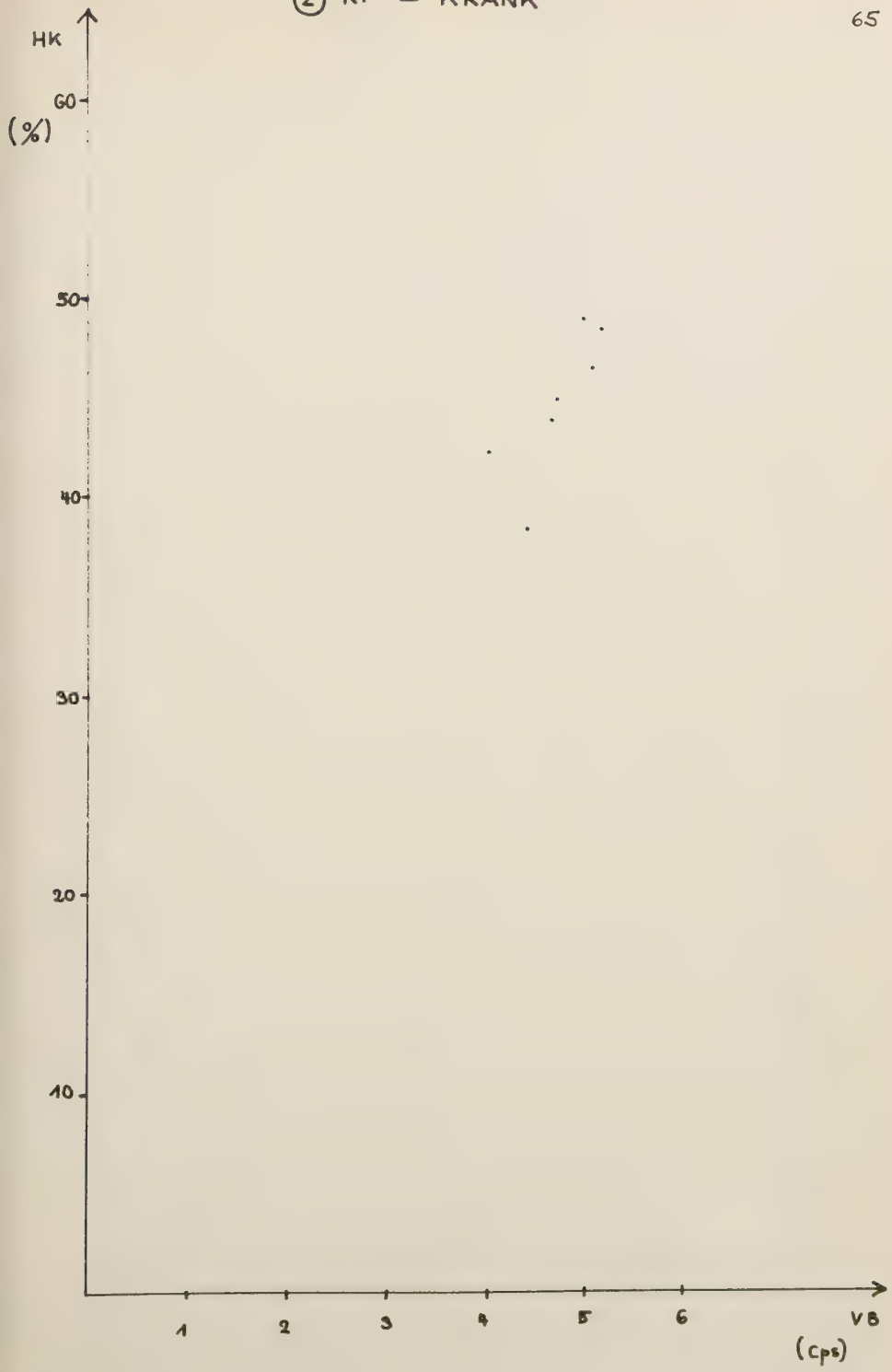
① RM - KRANK



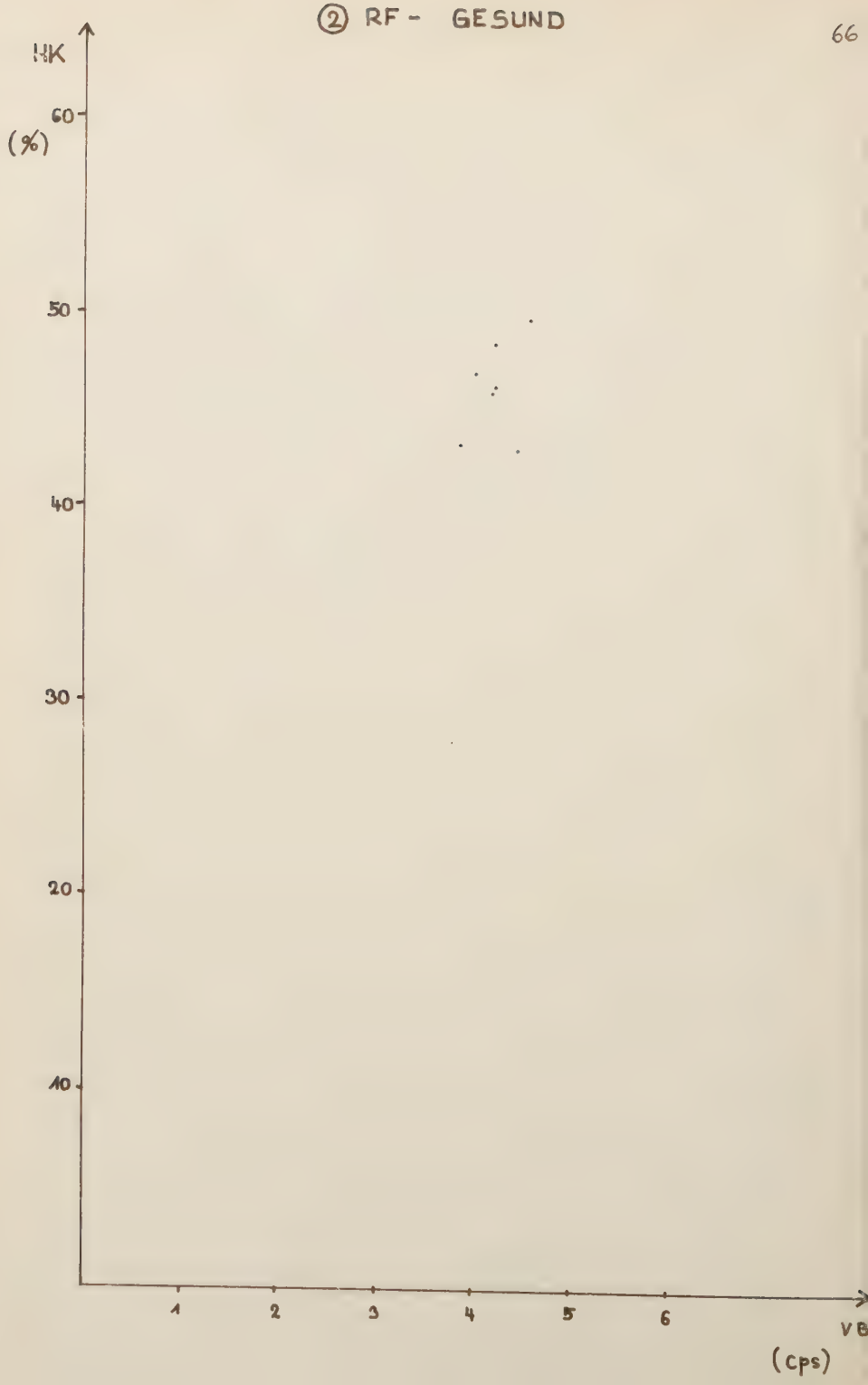
① RM – GESUND



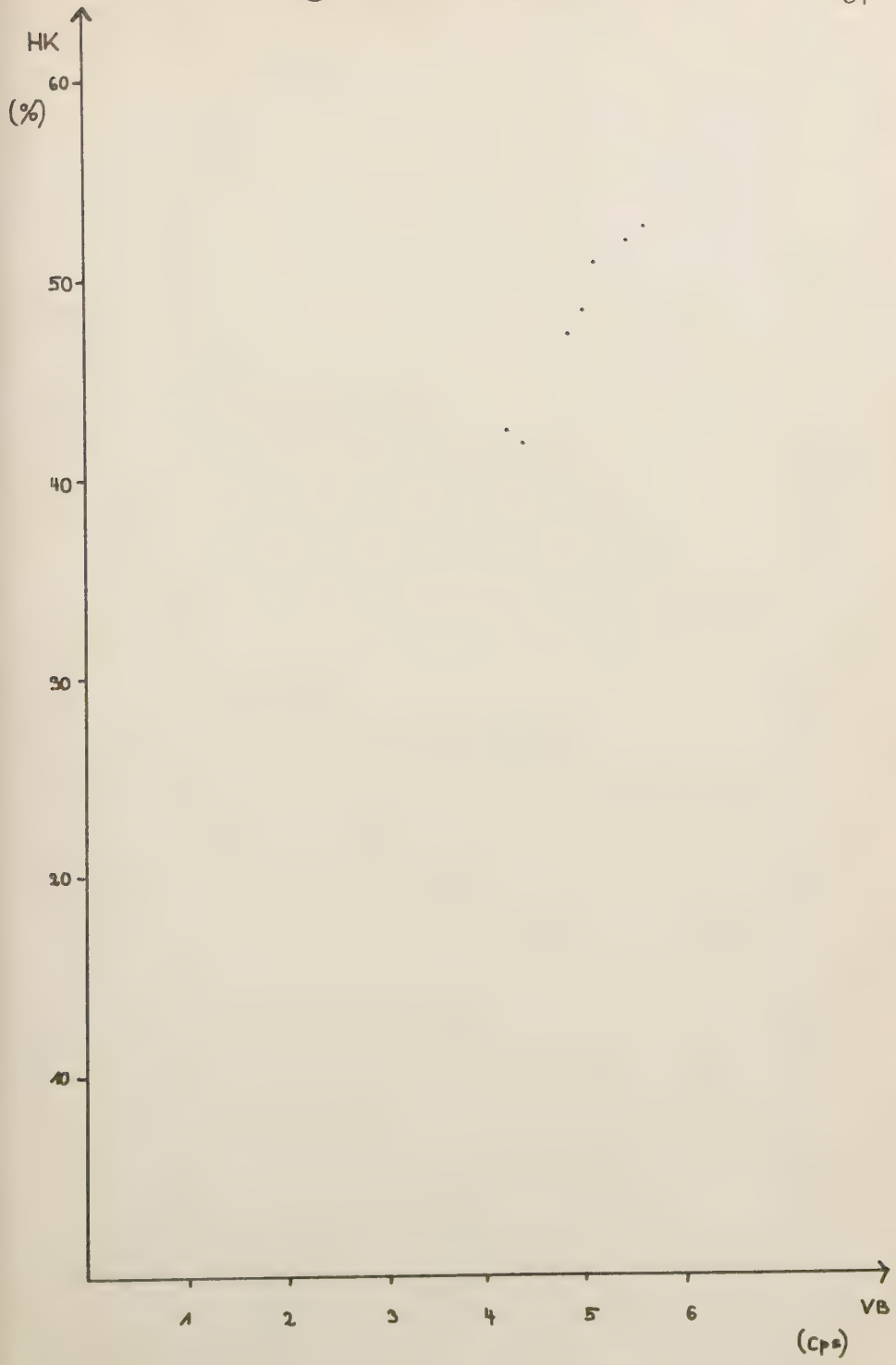
② RF — KRANK



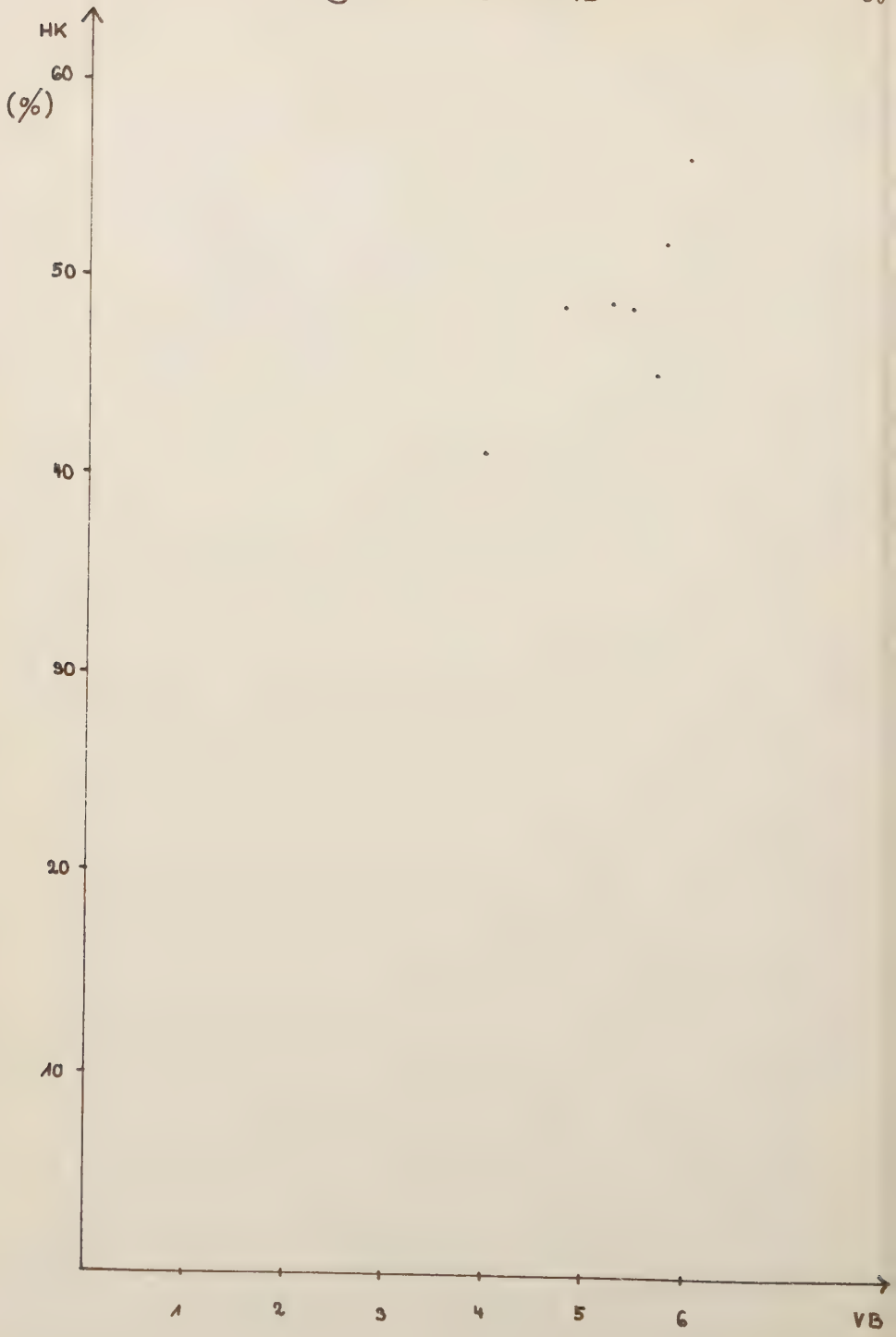
② RF - GESUND



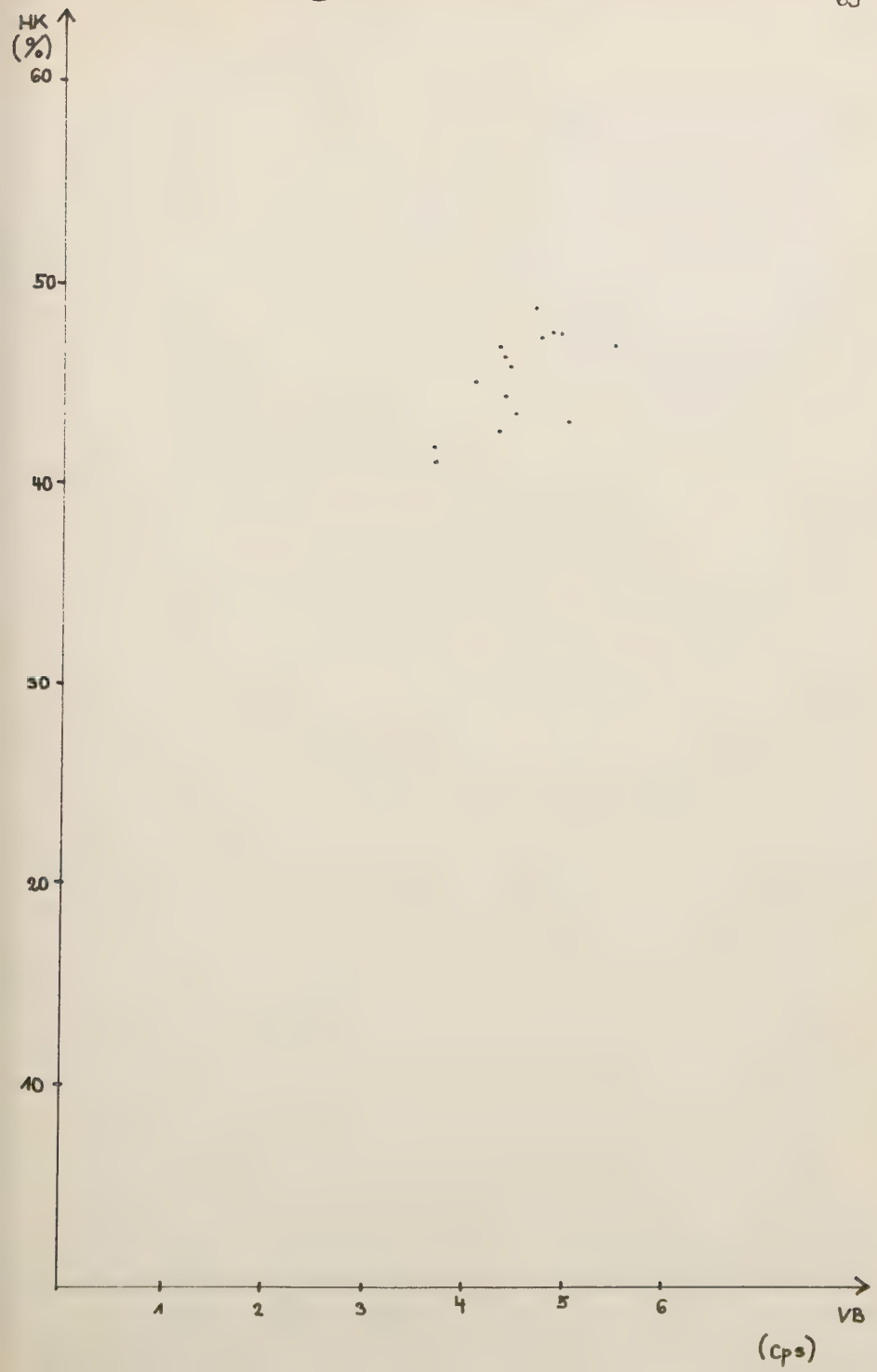
③ NM – KRANK



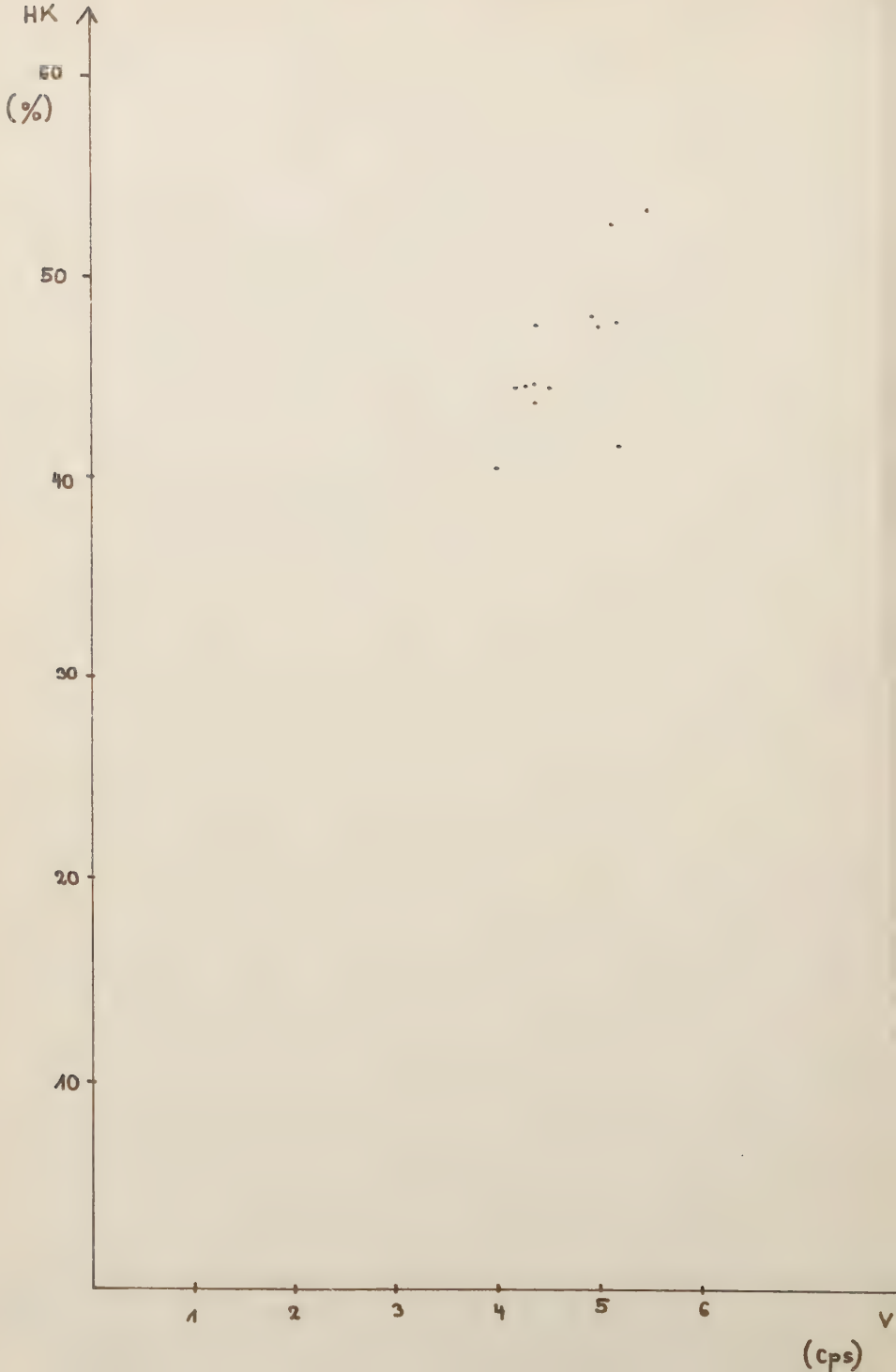
③ NM – GESUND

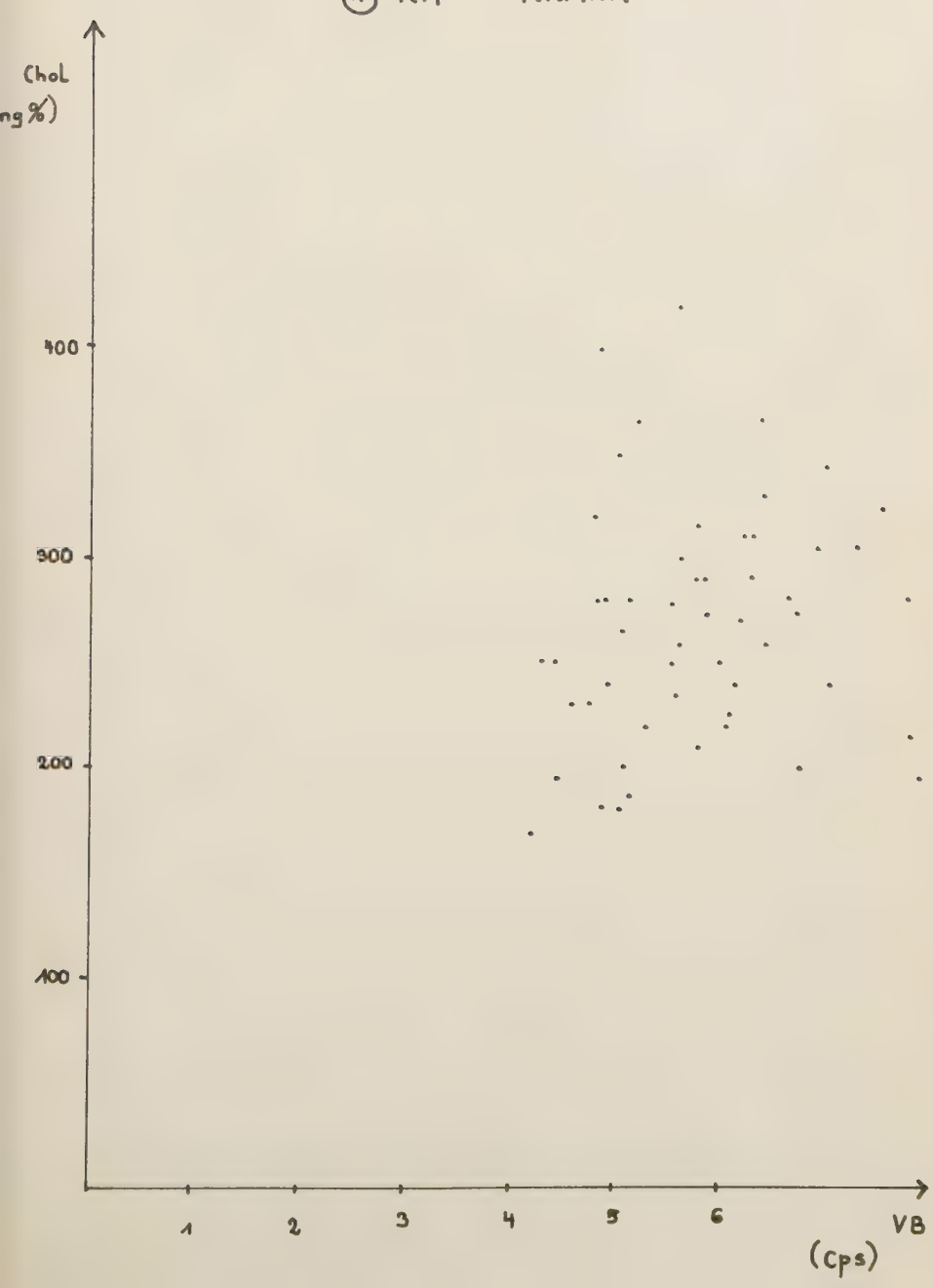


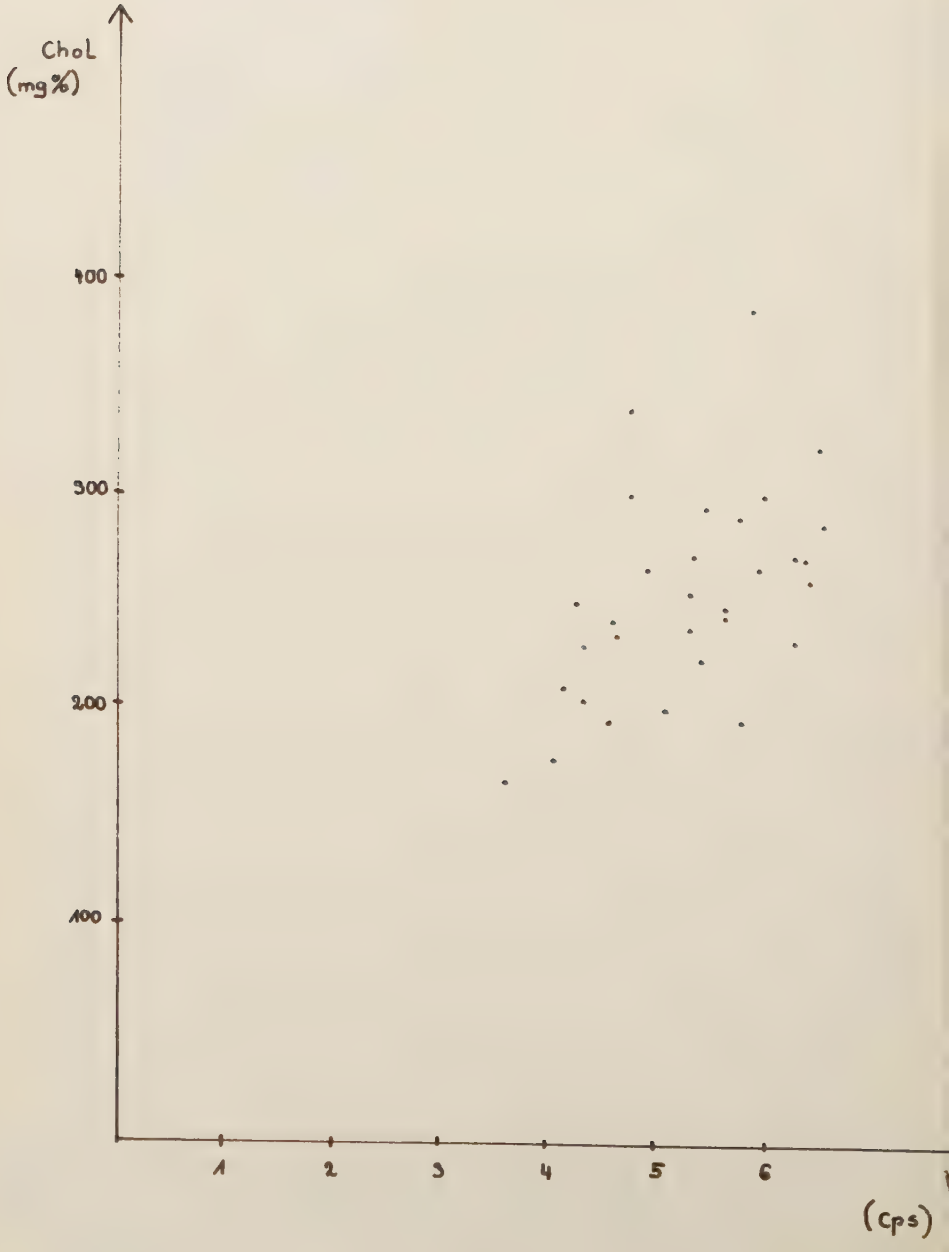
④ NF - KRANK



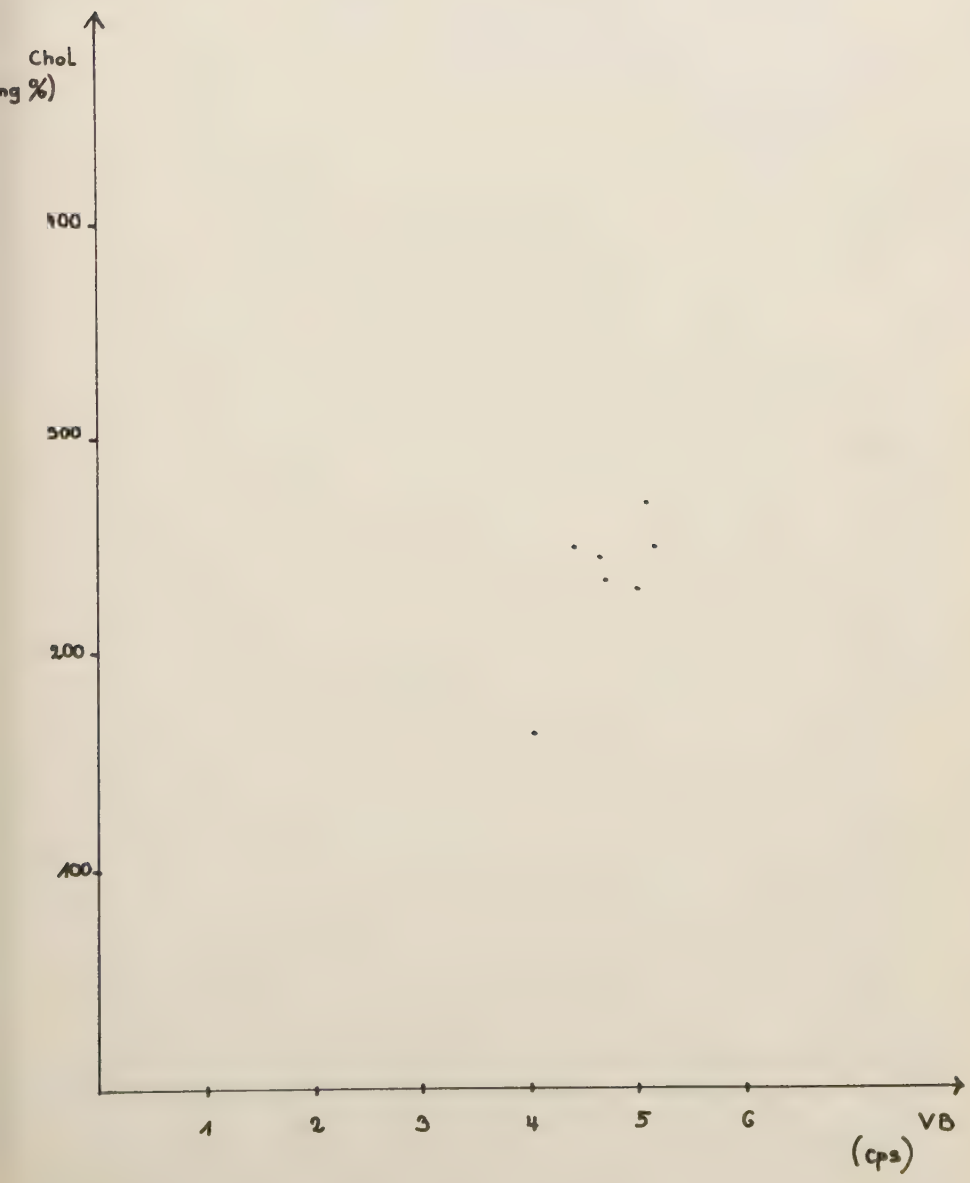
④ NF - GESUND



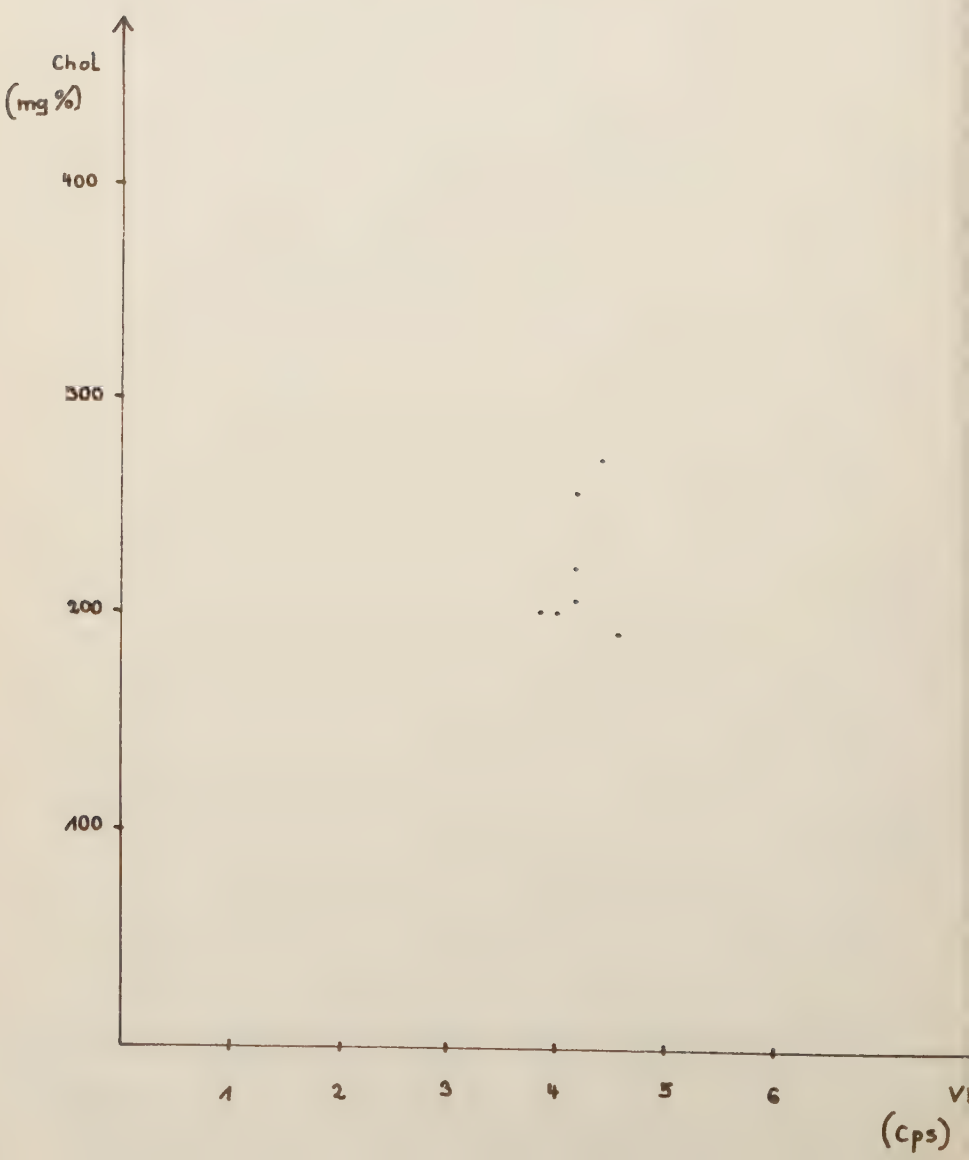

① RM - KRANK
Chol
mg%)
400
300
200
100
1
2
3
4
5
6
VB
(cps)

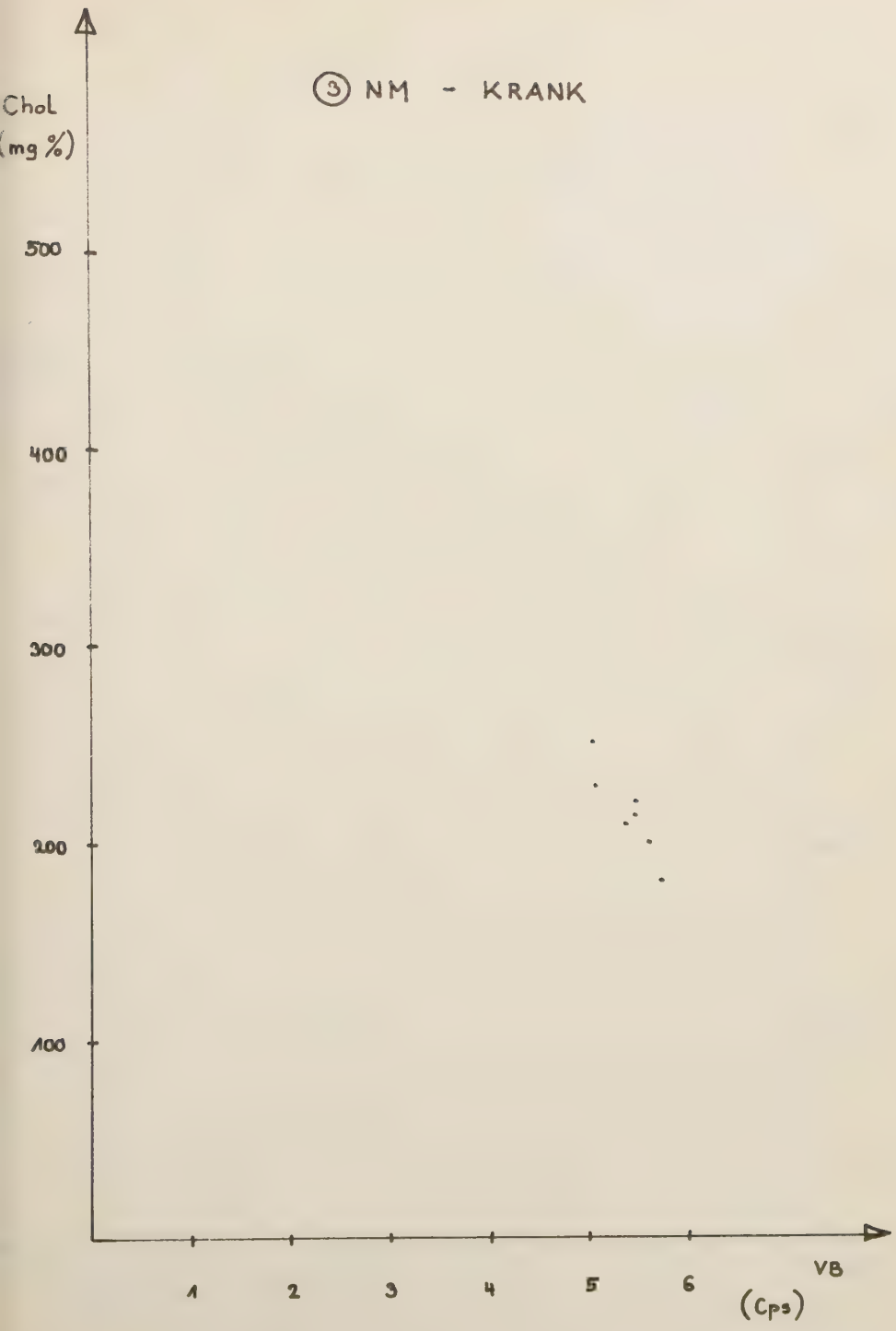

① RM - GESUND
Chol
(mg%)
400
300
200
100
1
2
3
4
5
6
(cps)

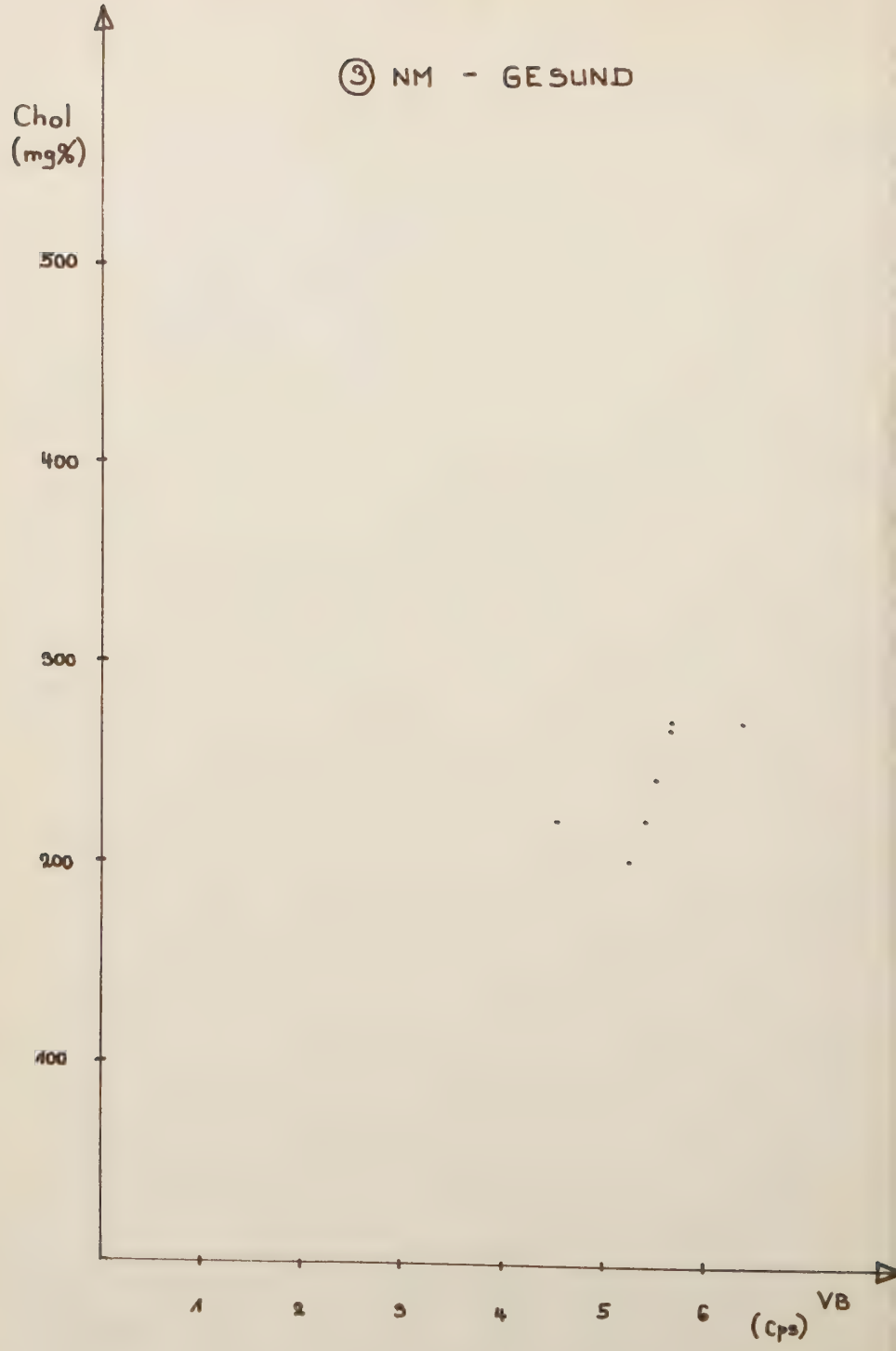
② RF - KRANK



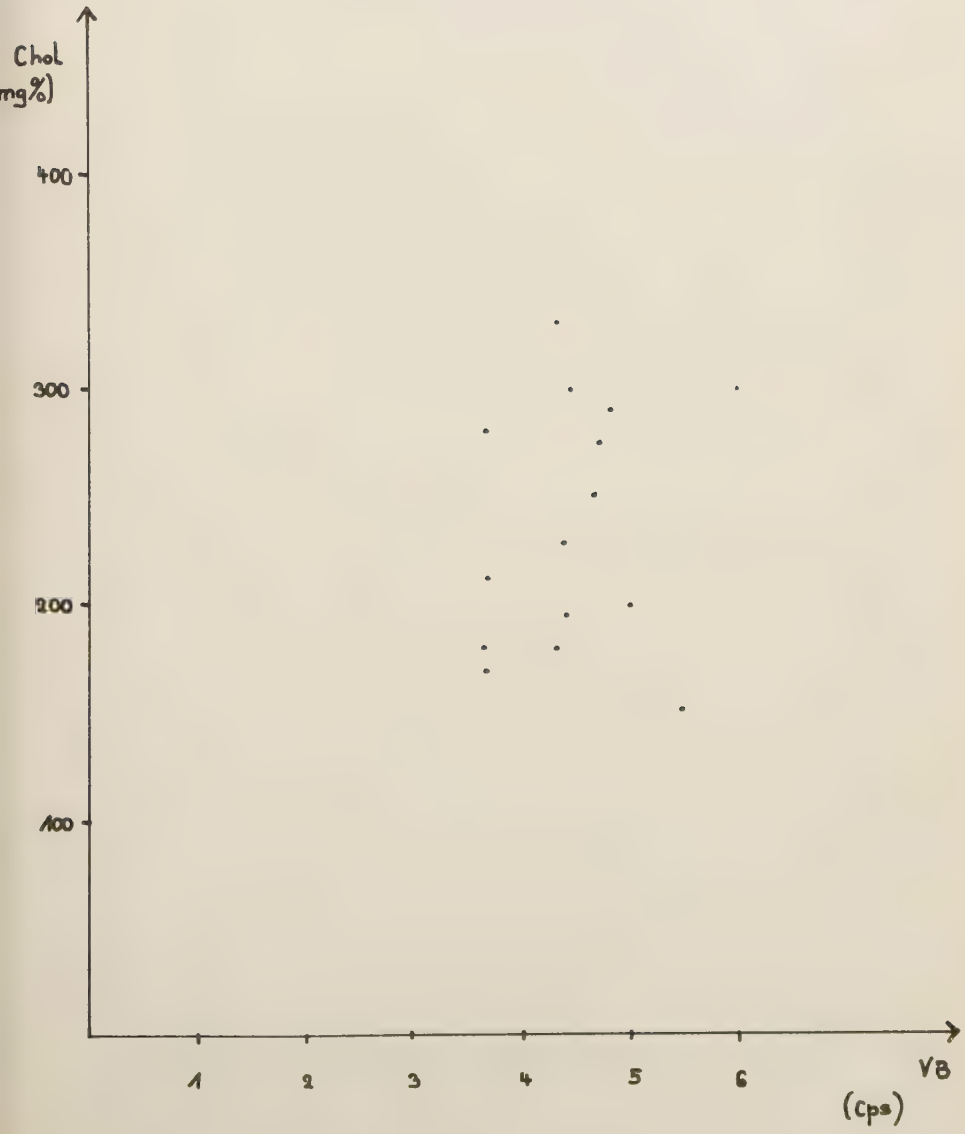
② RF - GESUNDE



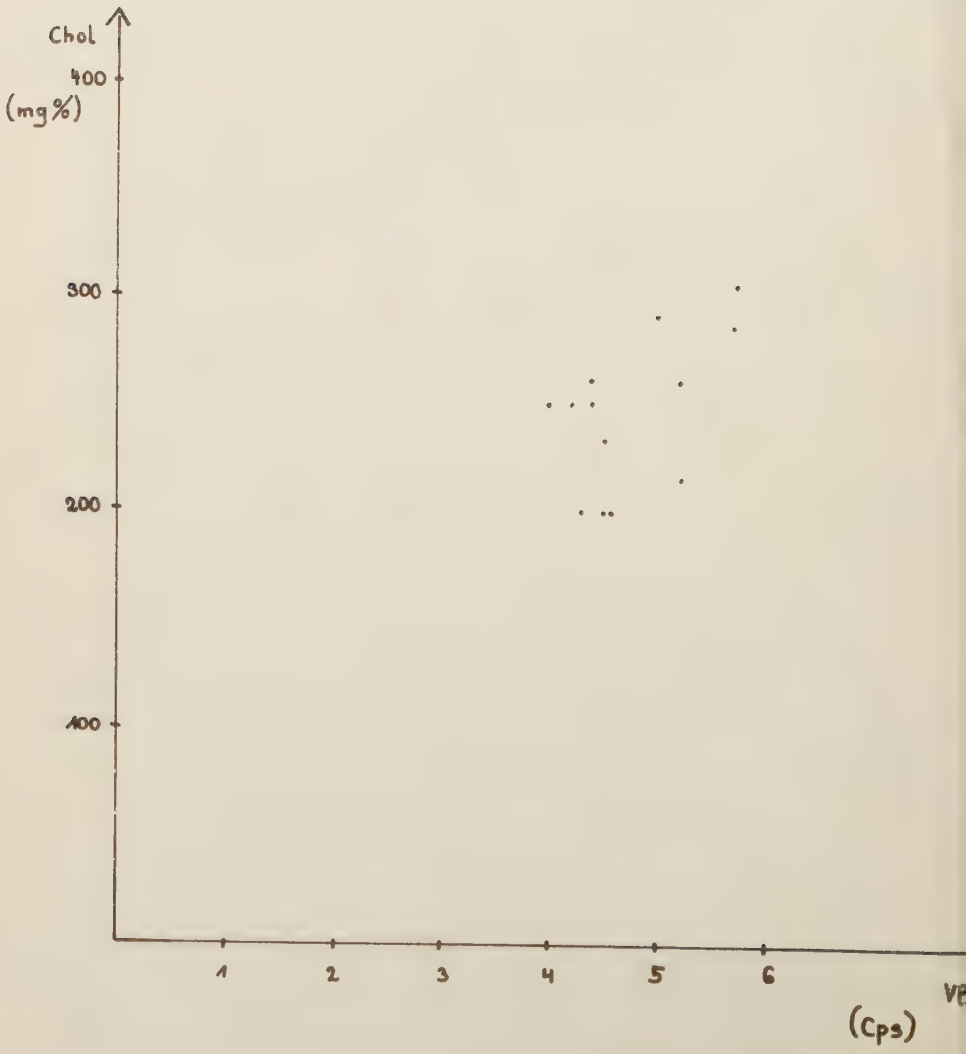

③ NM - KRANK
Chol
(mg %)
500
400
300
200
100
1
2
3
4
5
6
VB
(Cps)


③ NM - GESUND
Chol
(mg%)
500
400
300
200
100
1
2
3
4
5
6
VB
(Cps)

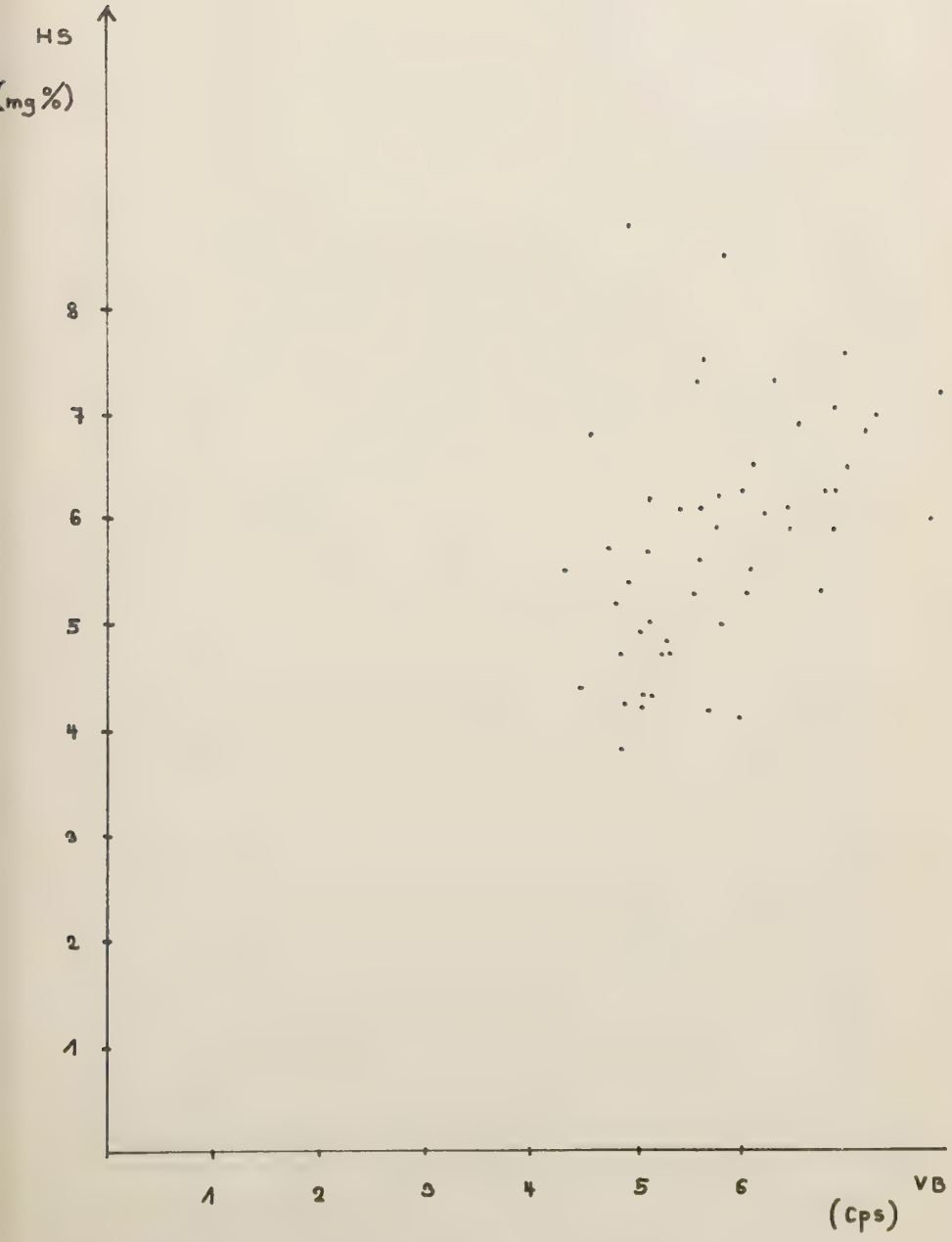
④ NF – KRANK



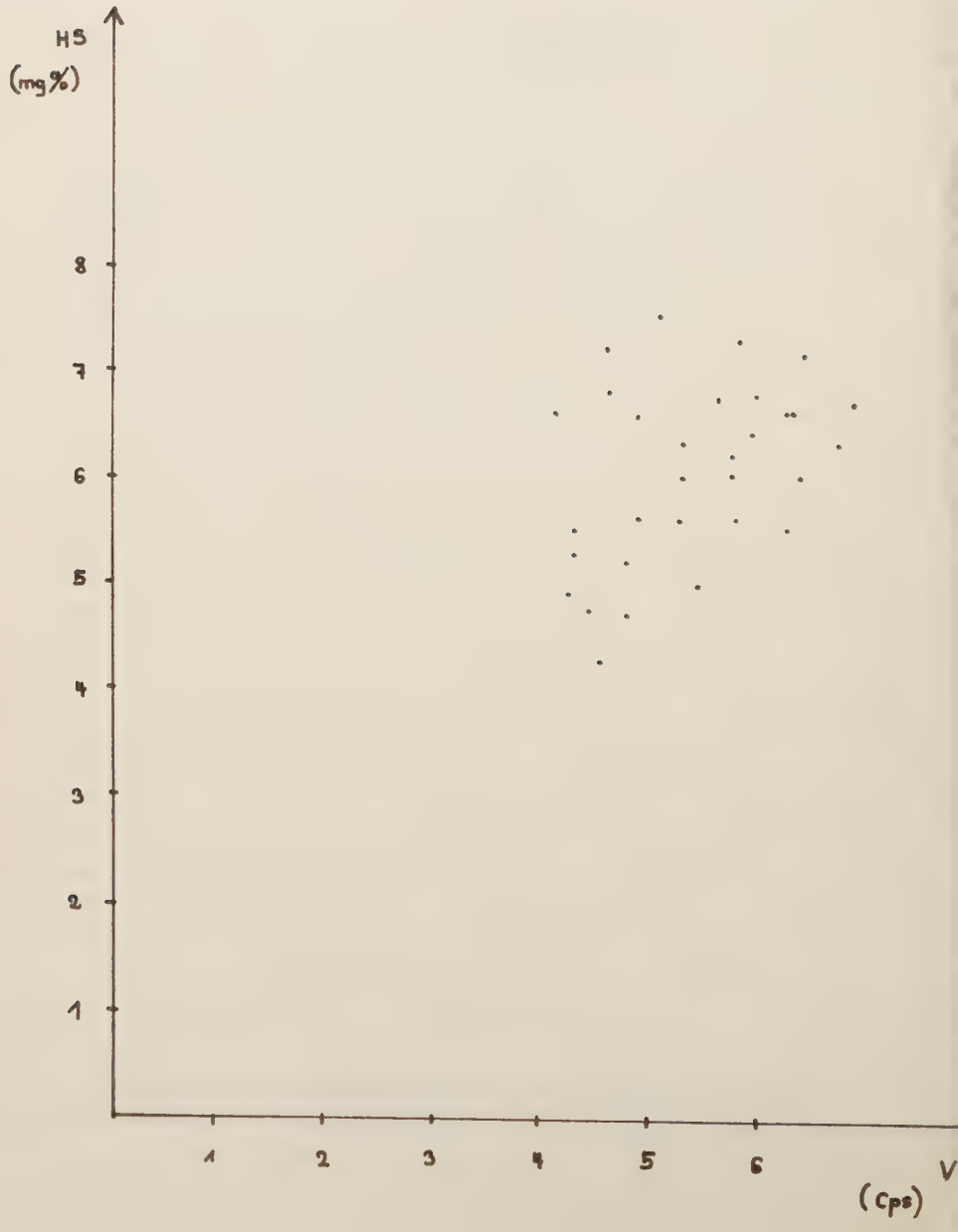
④ NF - GESUND



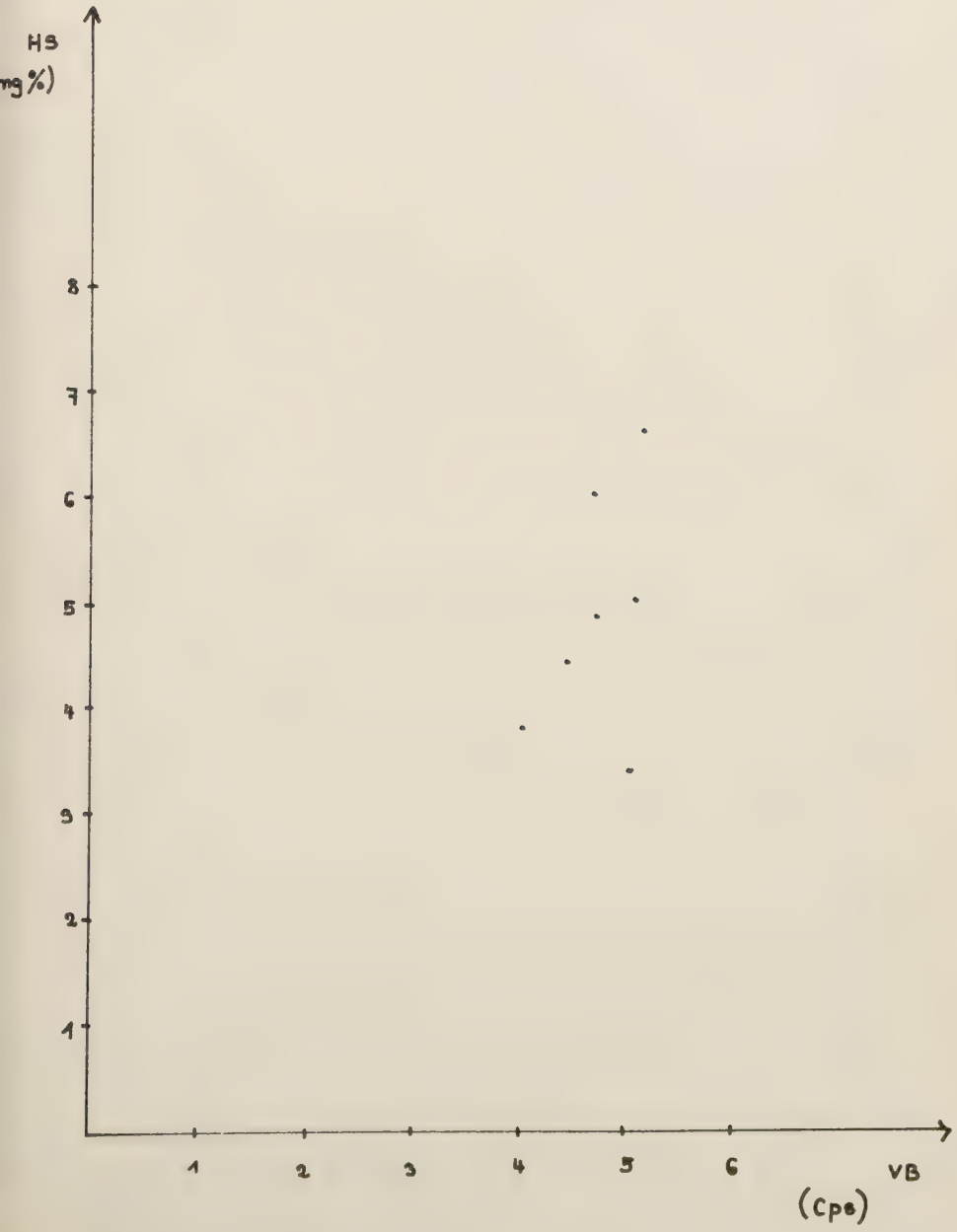
① RM – KRANK



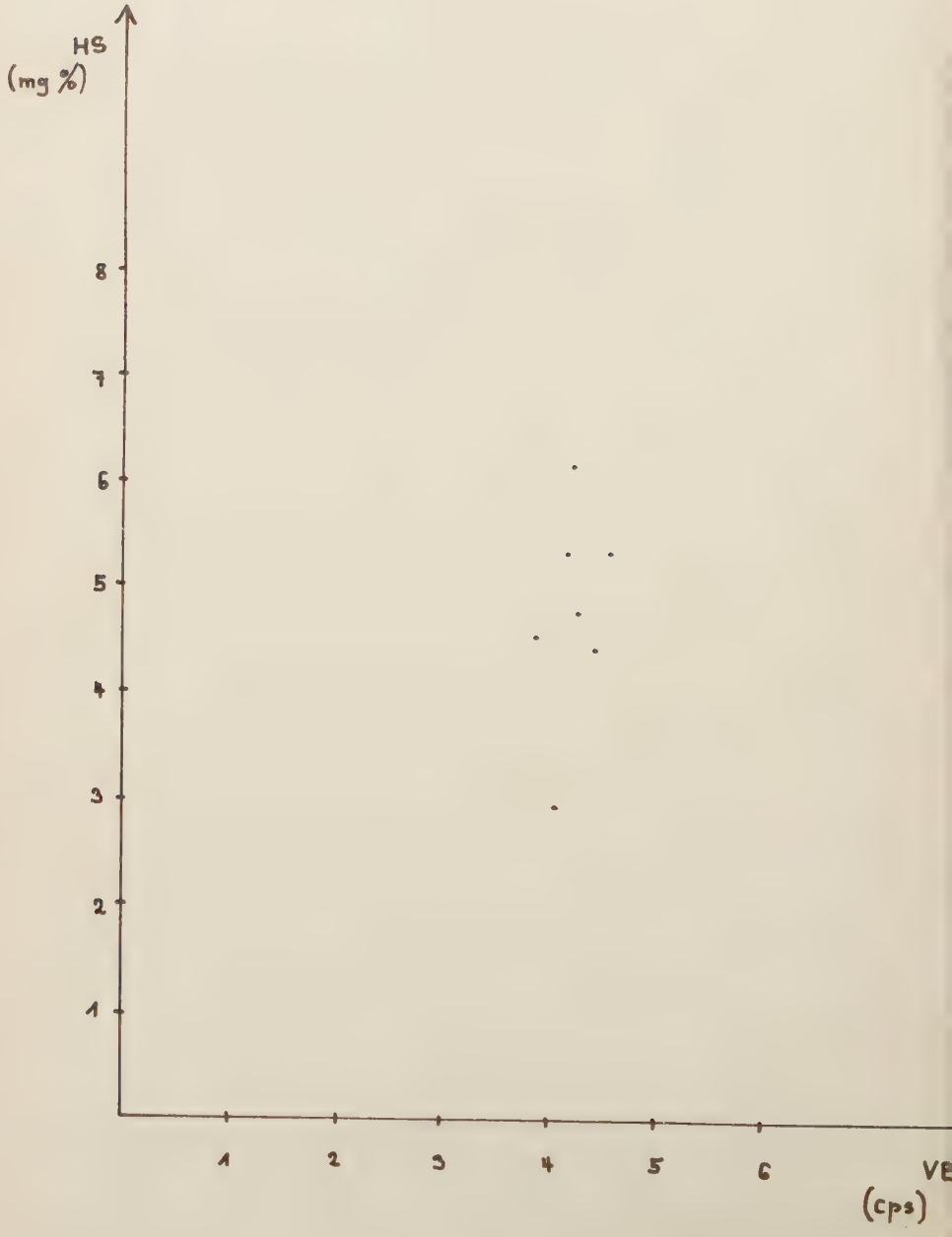
① RM – GESUND



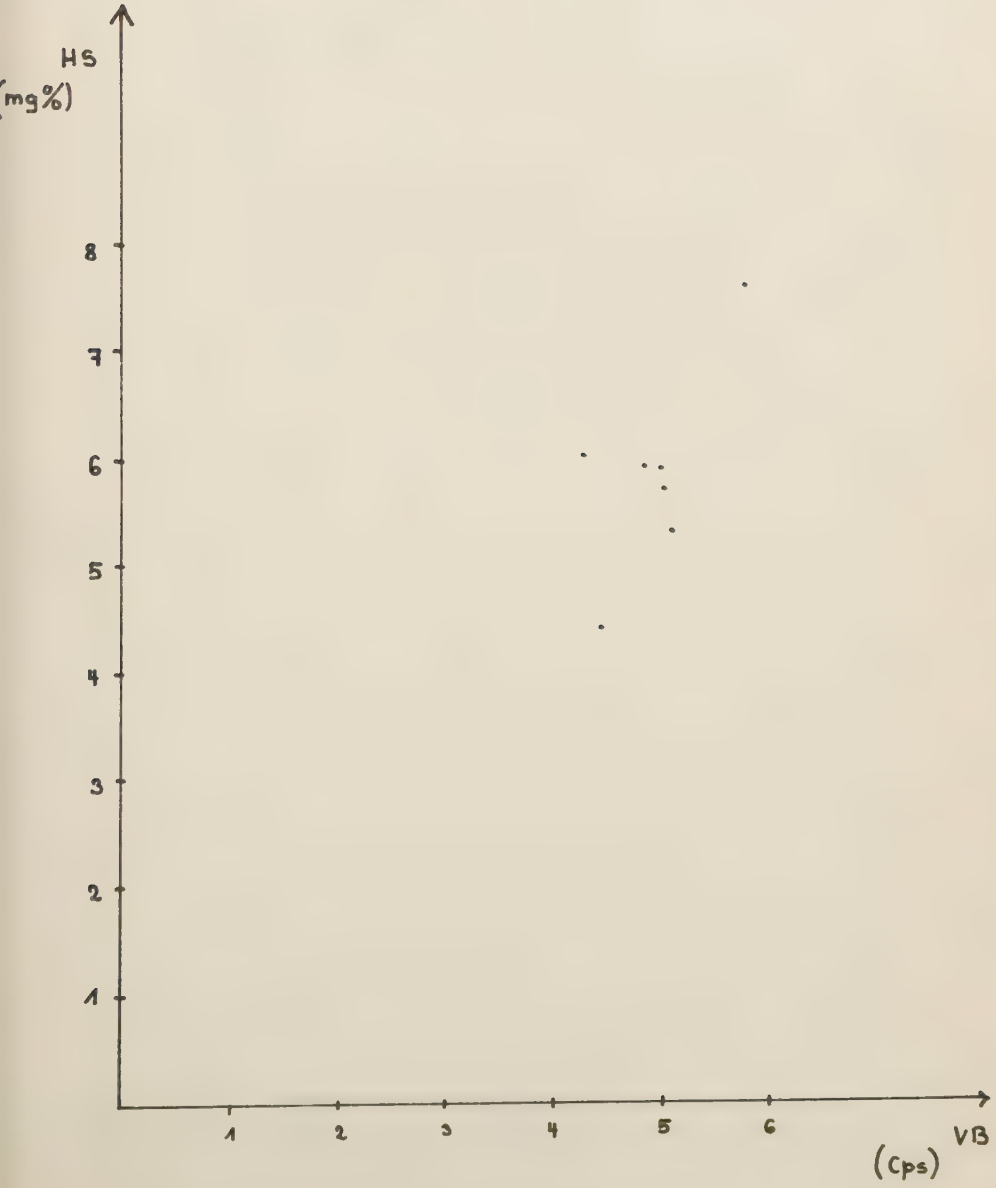
② RF - KRANK



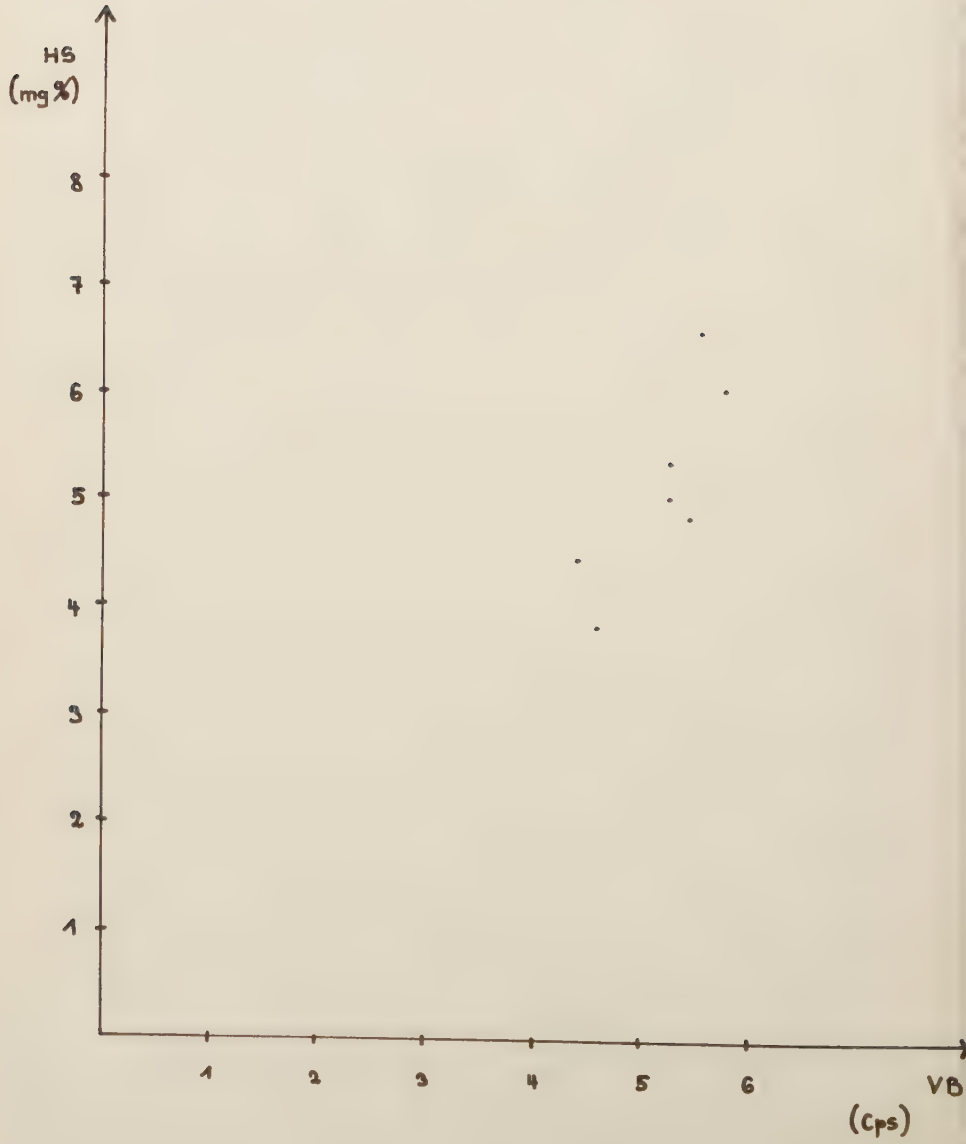
② RF - GESUND



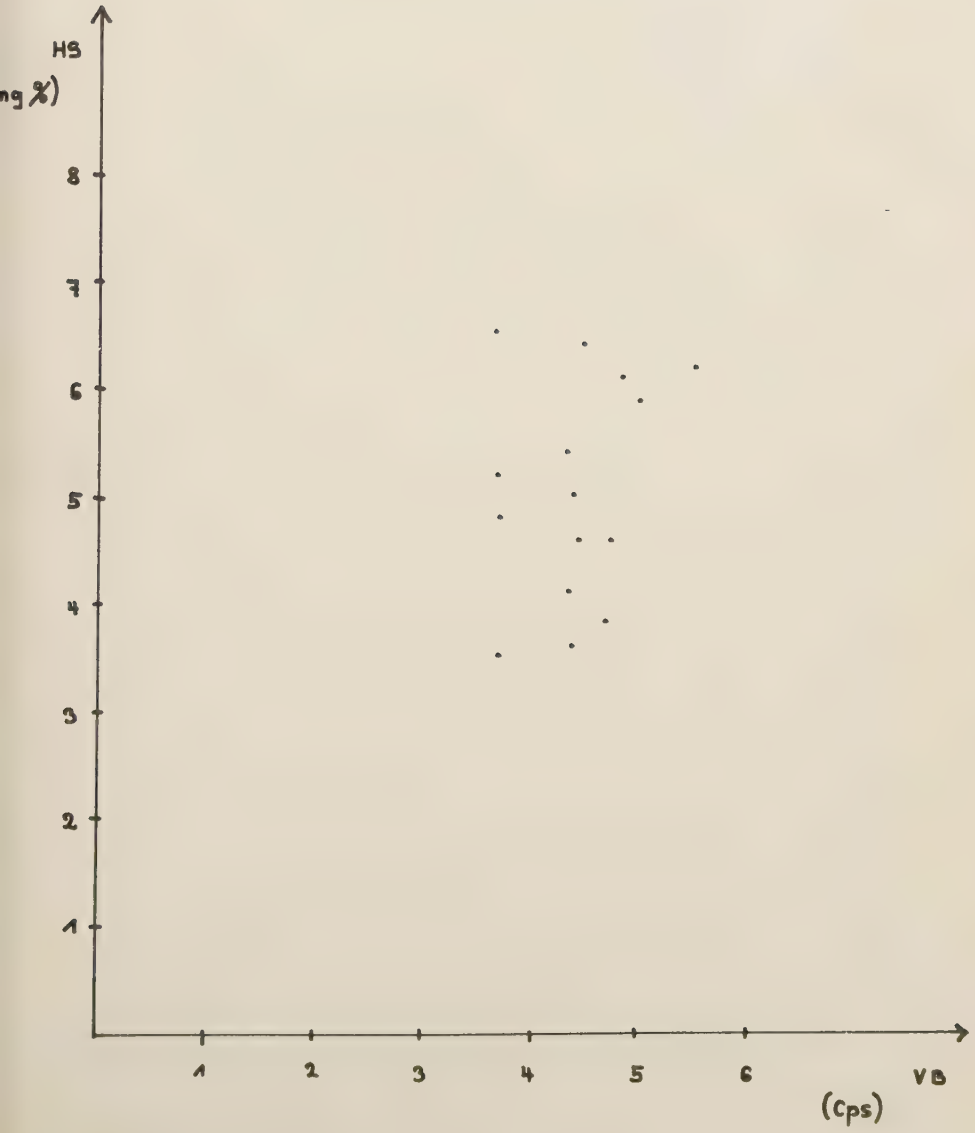
③ NM - KRANK



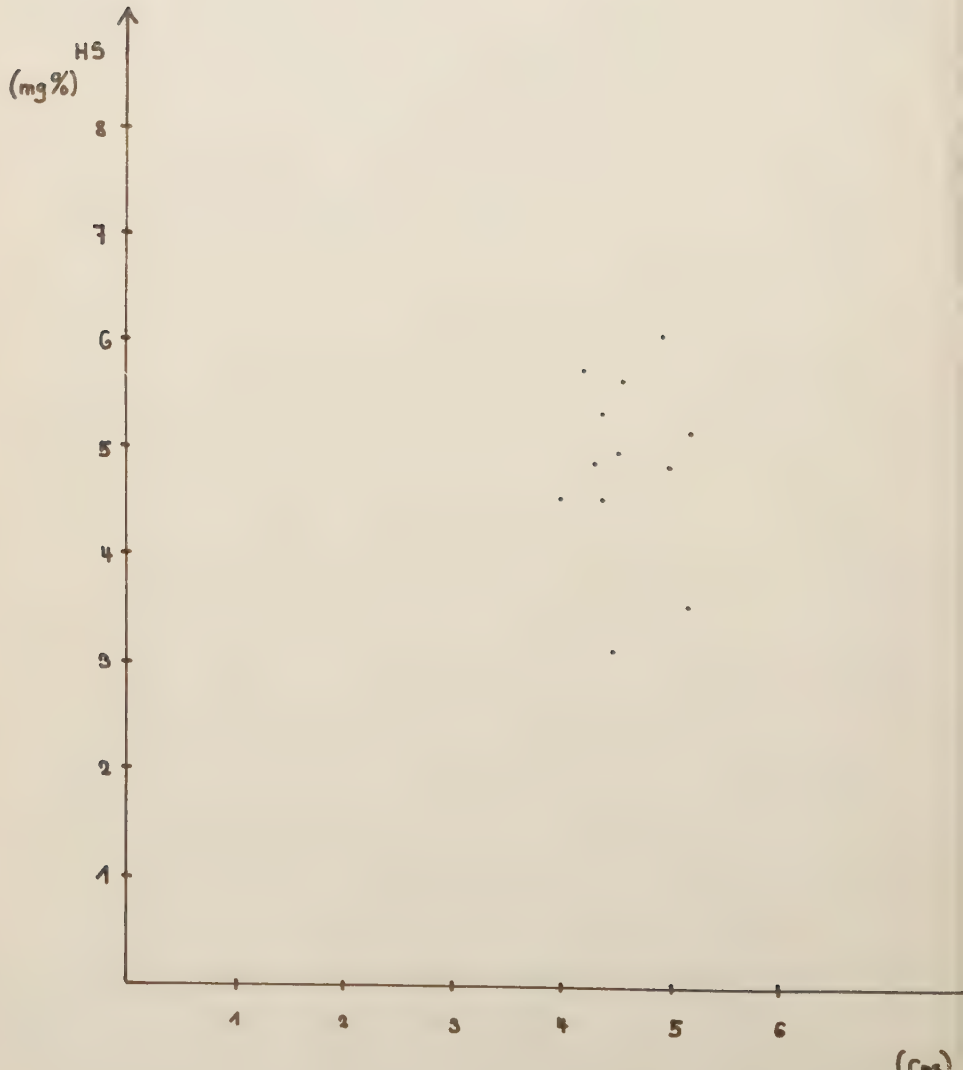
③ NM - GESUND



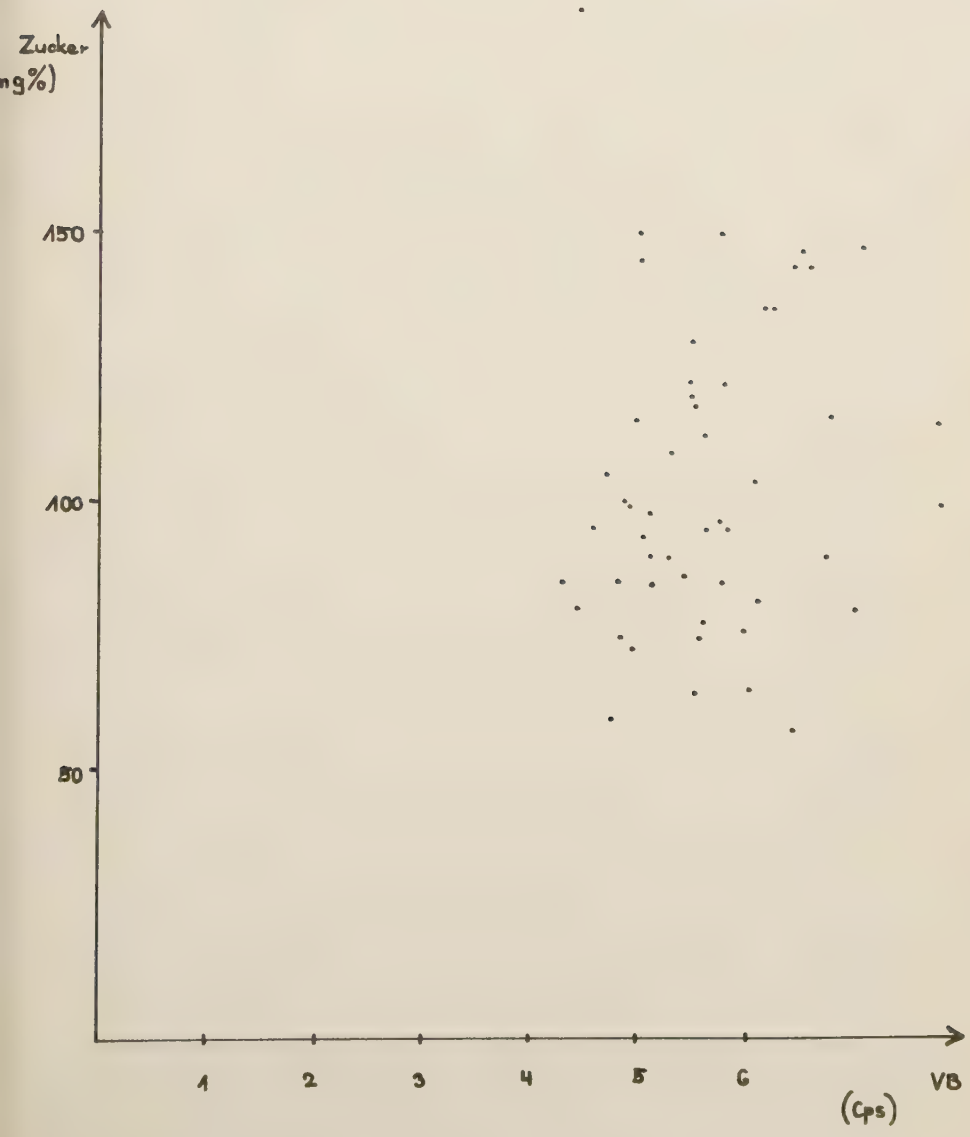
④ NF – KRANKE



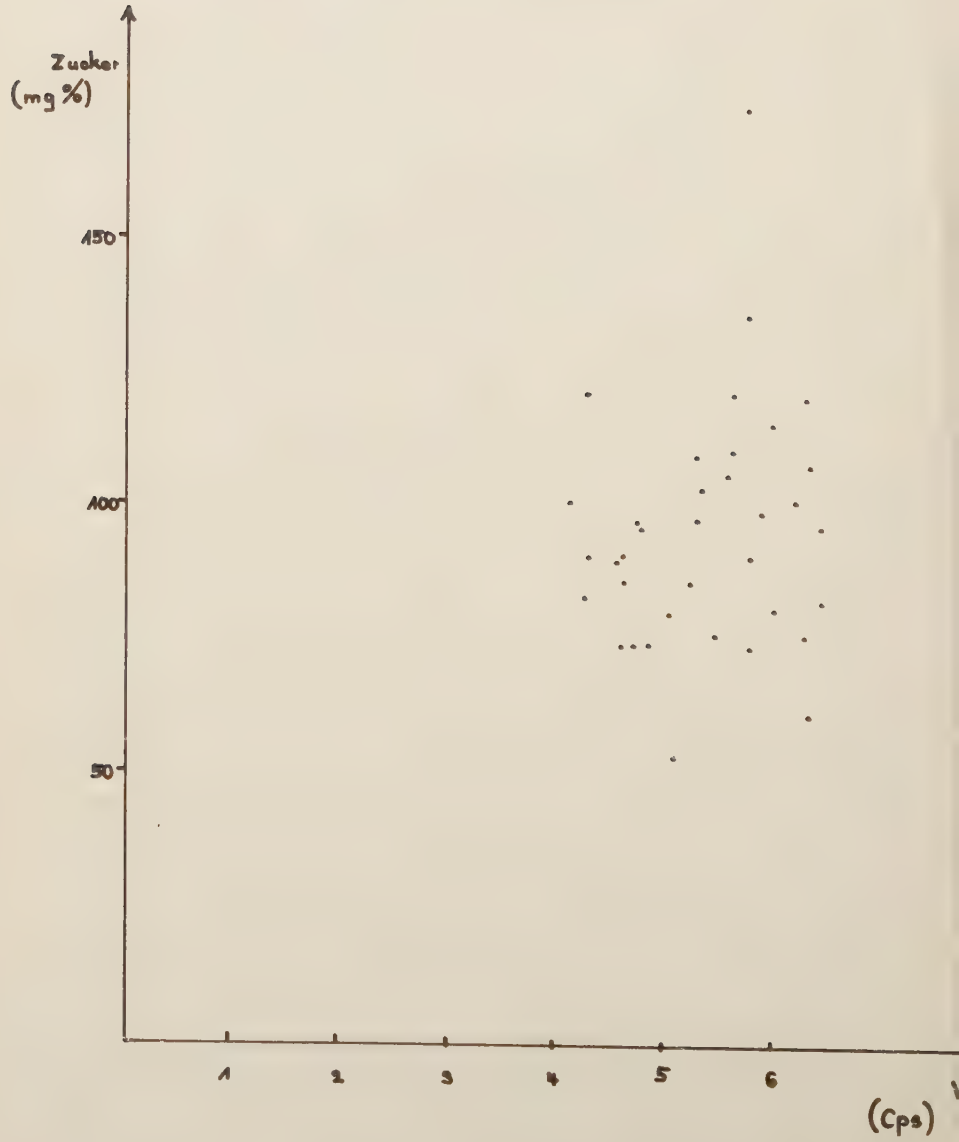
④ NF - GESUND



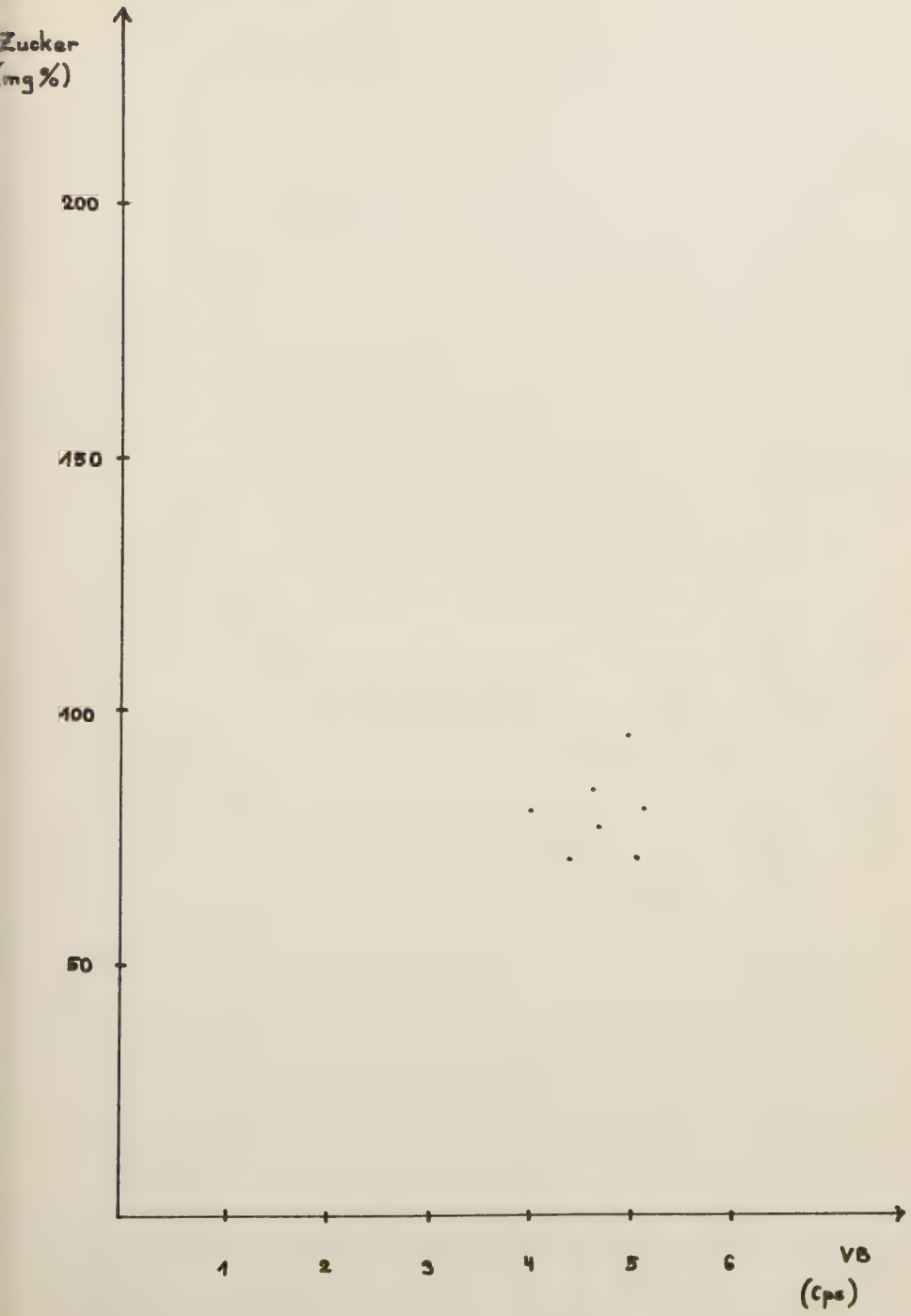
① RM – KRANK



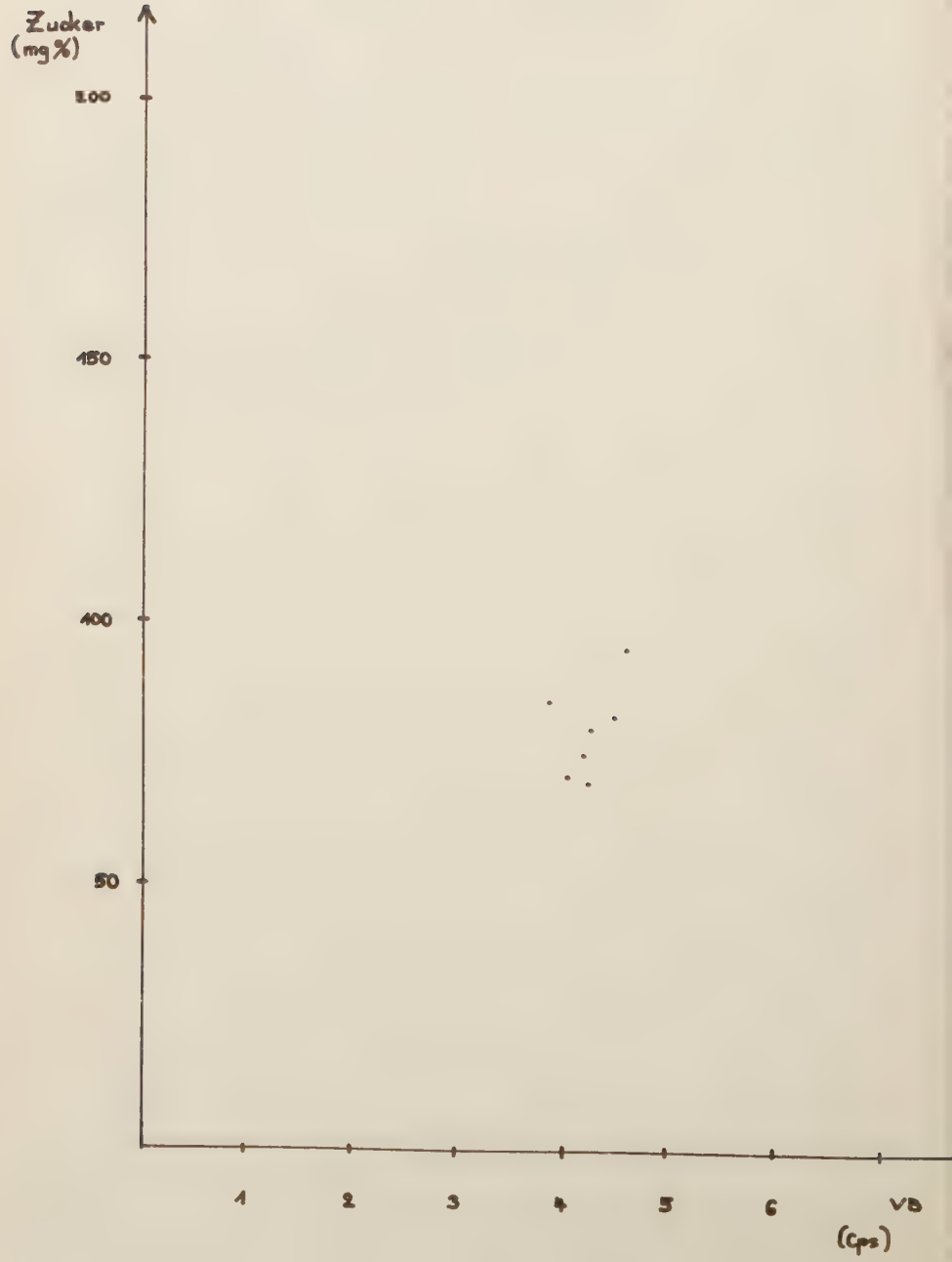
① RM - GESUND



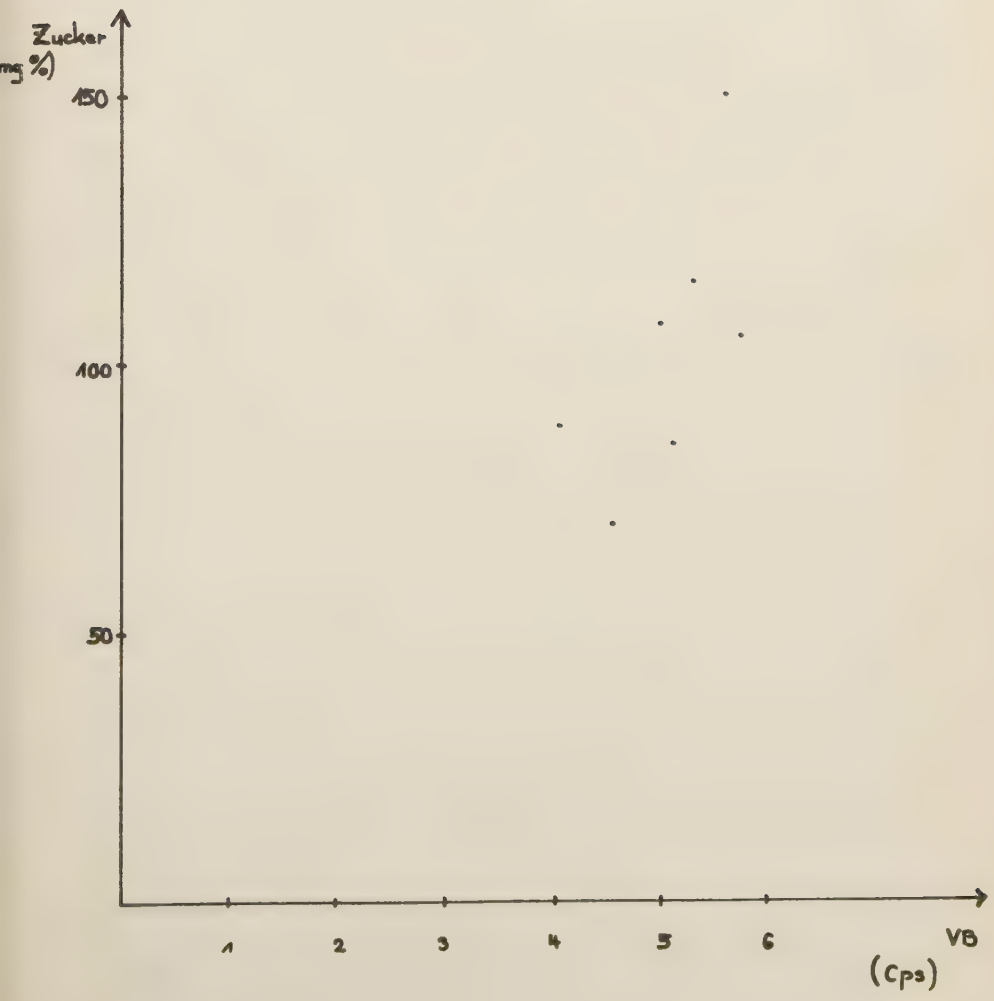
② RF - KRANK



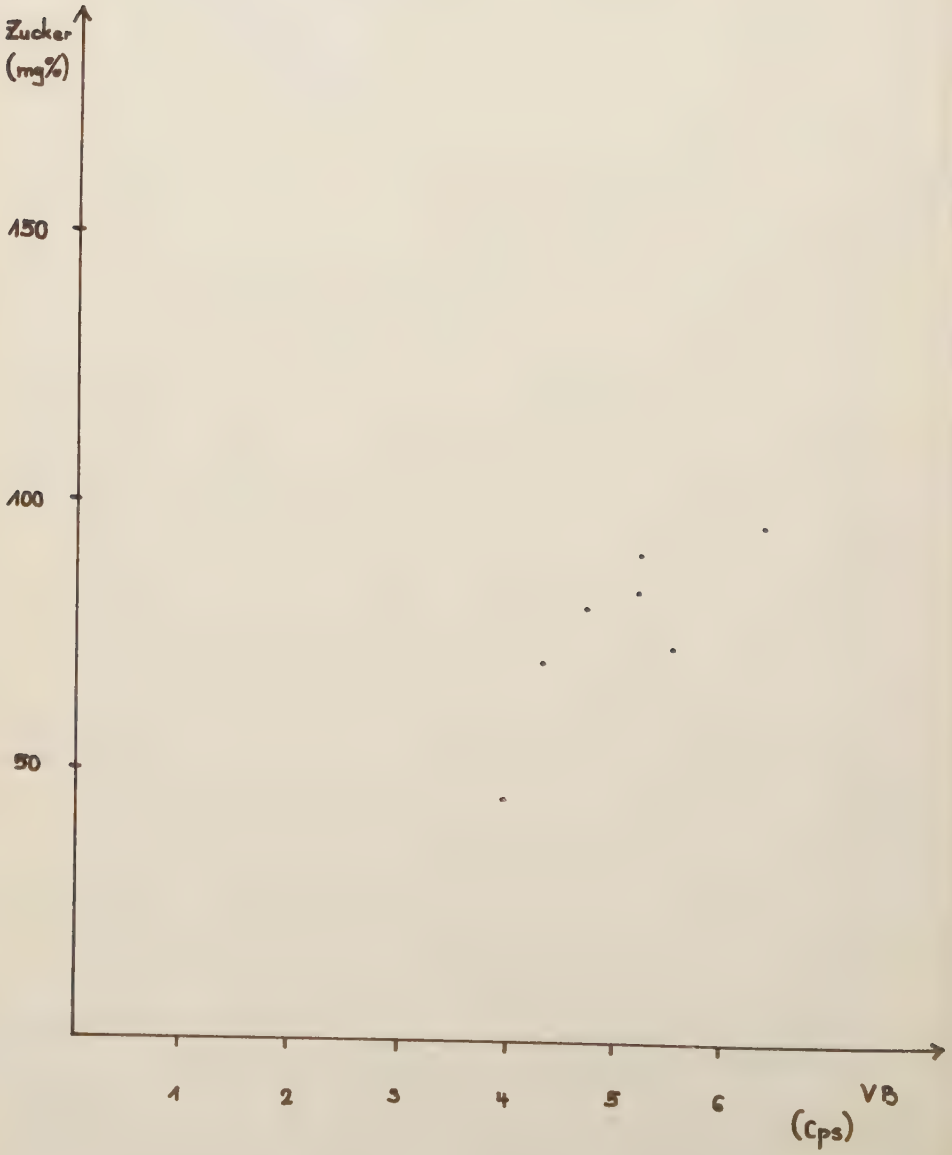
② RF - GESUND



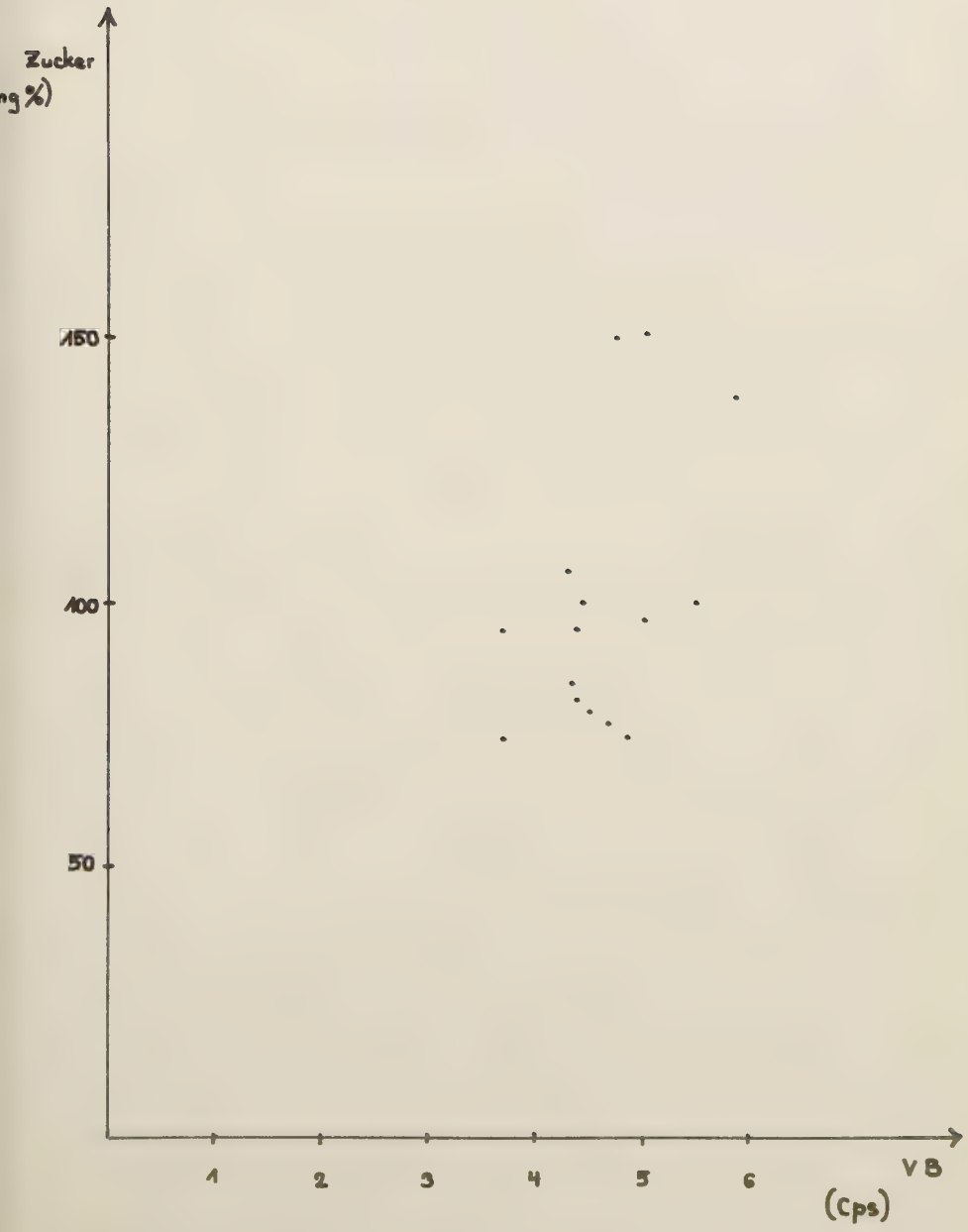
③ NM - KRANK

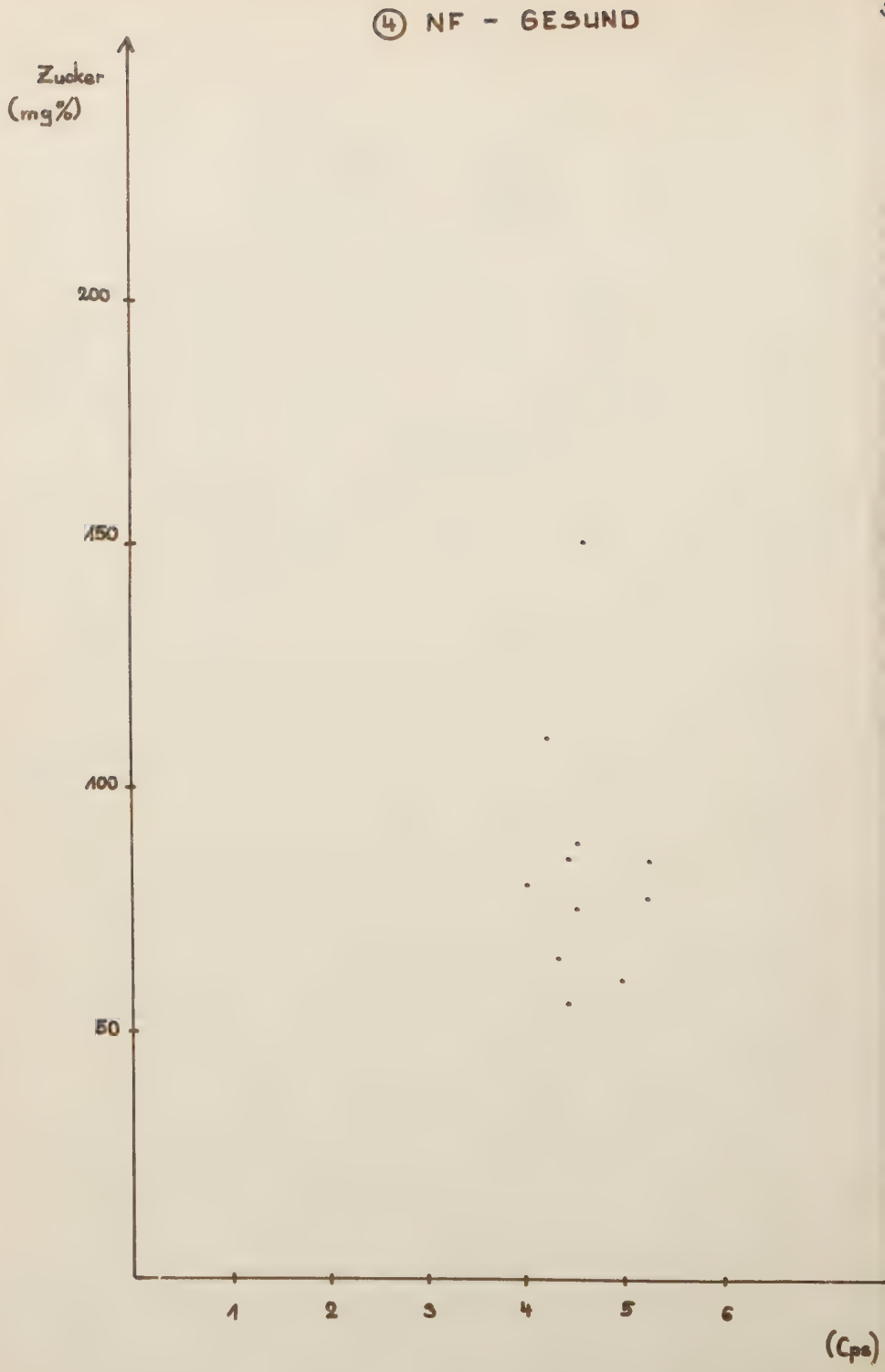


③ NM - GESUND



④ NF – KRANKE



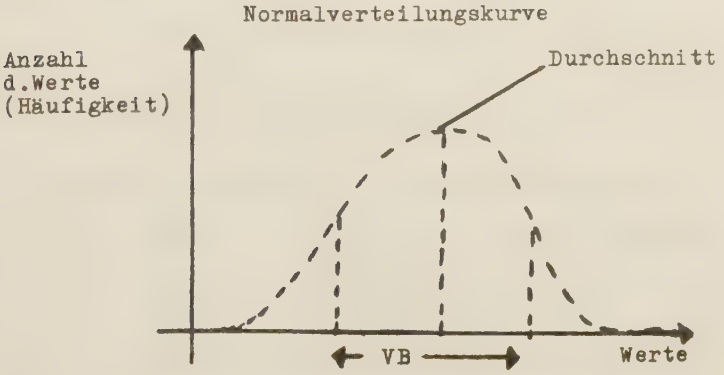

④ NF - GESUND
Zucker
(mg%)
200
150
100
50
1
2
3
4
5
6
(Cps)

E A U S W E R T U N G

I. Rechnerisch

Die Voraussetzung für eine genaue statistische Auswertung ist die Normalverteilung der gemessenen Werte.

Die unter B ermittelte Wertetabelle erfüllt die Voraussetzung der Normalverteilung, d.h. 95 % aller gemessenen Werte befinden sich in einem Vertrauensbereich VB, während die übrigen 5 % außerhalb dieses Bereiches liegen (34).



Sollen sich nun zwei vergleichende Meßreihen signifikant unterscheiden, dann gilt für den Vertrauensbereich VB die Forderung:

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t \cdot B \leq y_1 - y_2 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t \cdot B \quad (5,34)$$

Es bedeuten:

$\bar{x}_1$ = arithmetisches Mittel aller Werte
einer untersuchten "Kranken"-Gruppe
z.B. 1, 2, 3, oder 4

$\bar{x}_2$ = arithmetisches Mittel aller Werte
der "gesunden" Vergleichsgruppe

t = Kritische Schranke des Vertrauensbereichs

B = Besetzungszahl; ein Maß für die Häufigkeit

y_1 = Anzahl der Probanden aus dem "Kranken"-Gut

y_2 = Anzahl der Probanden aus dem "Gesunden"-Gut

$y_1 - y_2$ ist hier im Vergleich immer null, da
$y_1 = y_2$

t und B lassen sich aus folgenden Formeln errechnen:

$$v = \frac{(n-1)(s_1^2 + s_2^2)^2}{(s_1^2)^2 + (s_2^2)^2} \qquad (34) \rightarrow$$

entsprechender Grenzwert t wird aus der Tabelle abgelesen (1); n = Häufigkeit der Werte;

$$B = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{n}} \qquad (34)$$

s ist ein Maß der Streuung; sie wird nach der Formel

$$s = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (34) \text{ berechnet;}$$

x = jeder gemessene Wert aus den Gruppen 1, 2, 3, 4;

$\bar{x}$ = dazugehöriges arithmetisches Mittel.

1. Viskosität

Gruppe 1 = RM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 5,35$ (cps)		$\bar{x}_2 = 5,25$ (cps)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,1$	
$s_1 = 0,84$		$s_2 = 0,56$
	$v = 91,09$	
	$t = 1,986$	
	$B = 0,139$	
	$t \cdot B = 0,27$	

$0,1 - 0,27 \leq 0 \leq 0,1 + 0,27$

Facit: Die Differenz der Viskositäten ist nicht signifikant !

Gruppe 2 = RF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 4,72$ (cps)		$\bar{x}_2 = 4,24$ (cps)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,48$	
$s_1 = 0,05$		$s_2 = 0,16$
	$v = 6,45$	
	$t = 2,44$	
	$B = 0,06$	
	$t \cdot B = 0,15$	

$0,48 - 0,15 \nleq 0 \nleq 0,48 + 0,15$

Facit: Die Differenz der Viskositäten ist signifikant !

Gruppe 3 = NM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 5,46$ (cps)		$\bar{x}_2 = 5,52$ (cps)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = - 0,06$	
$s_1 = 0,08$		$s_2 = 0,32$
	$v = 6,87$	
	$t = 2,44$	
	$B = 0,12$	
	$t \cdot B = 0,29$	

$- 0,06 - 0,29 \leq 0 \leq - 0,06 + 0,29$

Facit: Die Differenz der Viskositäten ist nicht signifikant !

Gruppe 4 = NF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 4,39$ (cps)		$\bar{x}_2 = 4,54$ (cps)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = - 0,15$	
$s_1 = 1,25$		$s_2 = 1,12$
	$v = 25,58$	
	$t = 2,06$	
	$B = 0,44$	
	$t \cdot B = 0,92$	

$- 0,15 - 0,92 \leq 0 \leq - 0,15 + 0,92$

Facit: Die Differenz der Viskositäten ist nicht signifikant !

2. PAT

Gruppe 1 = RM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1$ = III - IV (- 3,5)		$\bar{x}_2$ = III (- 3)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,5$	
$s_1 = 0,61$		$s_2 = 0,57$
	v = 105,6	
	t = 1,983	
	B = 0,114	
	t · B = 0,22	

$0,5 - 0,22 \neq 0 \neq 0,5 + 0,22$

Facit: Die Differenz des PAT ist signifikant !

Gruppe 2 = RF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1$ = III - IV (- 3,5)		$\bar{x}_2$ = III (= 3)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,5$	
s_1= 0,79		s_2= 0,79
	v = 9,998	
	t = 2,228	
	B = 0,465	
	t · B = 1,01	

$0,5 - 1,01 \leq 0 \leq 0,5 + 1,01$

Facit: Die Differenz des PAT ist nicht signifikant !

Gruppe 3 = NM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1$ = III - IV (= 3,5)		$\bar{x}_2$ = III (= 3)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,5$	
$s_1 = 0,37$		$s_2 = 0,58$
	v = 8,59	
	t = 2,24	
	B = 0,282	
	t · B = 0,63	

$0,5 - 0,63 \leq 0 \leq 0,5 + 0,63$

Facit: Die Differenz des PAT ist nicht signifikant !

Gruppe 4 = NF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1$ = III (= 3)		$\bar{x}_2$ = III (= 3)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$	
$s_1 = 0,67$		$s_2 = 0,44$
	v = 22,49	
	t = 2,07	
	B = 0,21	
	t · B = 0,43	

$0 - 0,43 \leq 0 \leq 0 + 0,43$

Facit: Die Differenz des PAT ist nicht signifikant !

3. Blutdruck (Mitteldruck nach RR)

Gruppe 1 = RM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 111$ (Torr)		$\bar{x}_2 = 109$ (Torr)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 2$	
$s_1 = 452{,}12$		$s_2 = 406{,}97$
	$v = 265{,}85$	
	$t = 1{,}97$	
	$B = 0{,}82$	
	$t \cdot B = 1{,}62$	

$2 - 1{,}62 \neq 0 \neq 2 + 1{,}62$

Facit: Der Unterschied im Blutmitteldruck ist signifikant !

Gruppe 2 = RF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 108$ (Torr)		$\bar{x}_2 = 98{,}5$ (Torr)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 9{,}5$	
$s_1 = 452{,}83$		$s_2 = 220{,}41$
	$v = 7{,}24$	
	$t = 2{,}315$	
	$B = 2{,}05$	
	$t \quad B = 4{,}75$	

$9{,}5 - 4{,}75 \neq 0 \neq 9{,}5 + 4{,}75$

Facit: Der Unterschied im Blutmitteldruck ist signifikant !

Gruppe 3 = NM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 107$ (Torr)		$\bar{x}_2 = 111$ (Torr)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -4$	
$s_1 = 218{,}5$		$s_2 = 170{,}83$
	$v = 9{,}43$	
	$t = 2{,}23$	
	$B = 1{,}12$	
	$t \cdot B = 2{,}51$	

$-4 - 2{,}51 \leqq 0 \leqq -4 + 2{,}51$

Facit: Der Unterschied im Blutmitteldruck ist

signifikant !

Gruppe 4 = NF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 102$ (Torr)		$\bar{x}_2 = 101$ (Torr)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 1$	
$s_1 = 512{,}56$		$s_2 = 355{,}6$
	$v = 23{,}14$	
	$t = 2{,}068$	
	$B = 1{,}66$	
	$t \cdot B = 3{,}43$	

$1 - 3{,}43 \leq 0 \leq 1 + 3{,}43$

Facit: Der Unterschied im Blutmitteldruck ist

nicht signifikant !

4. Hämatokrit

Gruppe 1 = RM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 49,9$ (%)		$\bar{x}_2 = 47,7$ (%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 2,2$	
$s_1 = 24,32$		$s_2 = 29,92$
	$v = 101,75$	
	$t = 1,984$	
	$B = 5,24$	
	$t \cdot B = 10,41$	

$2,2 - 10,41 \leq 0 \leq 2,2 + 10,41$

Facit: Der Unterschied im Hämatokrit ist

nicht signifikant !

Gruppe 2 = RF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 45$ (%)		$\bar{x}_2 = 46$ (%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -1$	
$s_1 = 13,8$		$s_2 = 5,29$
	$v = 6,44$	
	$t = 2,4$	
	$B = 6,03$	
	$t \cdot B = 14,49$	

$-1 - 14,49 \leq 0 \leq -1 + 14,49$

Facit: Der Unterschied im Hämatokrit ist

nicht signifikant !

Gruppe 3 = NM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 43,5$ (%)		$\bar{x}_2 = 48,4$ (%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -4,9$	
$s_1 = 72,53$		$s_2 = 13,39$
	$v = 5,34$	
	$t = 2,51$	
	$B = 30,11$	
	$t \cdot B = 75,58$	

$-4,9 - 75,58 \leq 0 \leq -4,9 + 75,58$

Facit: Der Unterschied im Hämatokrit ist

nicht signifikant !

Gruppe 4 = NF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 44,5$ (%)		$\bar{x}_2 = 44,7$ (%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -0,2$	
$s_1 = 9,70$		$s_2 = 5,87$
	$v = 21,38$	
	$t = 2,08$	
	$B = 3,03$	
	$t \cdot B = 6,3$	

$-0,2 - 6,3 \leq 0 \leq -0,2 + 6,3$

Facit: Der Unterschied im Hämatokrit ist

nicht signifikant !

5. Cholesterin Chol

Gruppe 1 = RM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 256$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 255$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 1$	
$s_1 = 27,81$		$s_2 = 20,34$
	$v = 97,08$	
	$t = 1,985$	
	$B = 4,68$	
	$t \cdot B = 9,3$	

$1 - 9,3 \leq 0 \leq 1 + 9,3$

Facit: Die Differenz der Cholesterinmittelwerte ist nicht signifikant !

Gruppe 2 = RF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 235$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 220$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 15$	
$s_1 = 11,16$		$s_2 = 9,41$
	$v = 9,72$	
	$t = 2,23$	
	$B = 5,96$	
	$t \cdot B = 13,29$	

$15 - 13,29 \not\leq 0 \not\leq 15 + 13,29$

Facit: Die Differenz der Cholesterinmittelwerte ist signifikant !

Gruppe 3 = NM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 215$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 240$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -25$	
$s_1 = 5{,}90$		$s_2 = 9{,}10$
	$v = 8{,}57$	
	$t = 2{,}285$	
	$B = 4{,}42$	
	$t \cdot B = 10{,}11$	

$-25 - 10{,}11 \leqq 0 \leqq -25 + 10{,}11$

Facit: Die Differenz der Cholesterinmittelwerte ist signifikant ! Der Anteil der "gesunden" Probanden mit über dem Normalwert liegenden Cholesterinmittelwert beträgt 50,0 %.

Gruppe 4 = NF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 228$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 234$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -6$	
$s_1 = 30{,}99$		$s_2 = 12{,}07$
	$v = 16{,}86$	
	$t = 2{,}11$	
	$B = 8{,}88$	
	$t \cdot B = 18{,}75$	

$-6 - 18{,}75 \leqq 0 \leqq -6 + 18{,}75$

Facit: Die Differenz der Cholesterinwerte ist nicht signifikant !

6. Harnsäure HS

Gruppe 1 = RM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 5,8$ (mg&)		$\bar{x}_2 = 5,6$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,2$	
$s_1 = 1,49$		$s_2 = 1,11$
	$v = 97,92$	
	$t = 1,985$	
	$B = 0,253$	
	$t \cdot B = 0,50$	

$0,2 - 0,5 \leq 0 \leq 0,2 + 0,5$

Facit: Der Unterschied der Harnsäuremittelwerte ist nicht signifikant !

Gruppe 2 = RF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 4,72$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 4,75$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = - 0,03$	
$s_1 = 1,31$		$s_2 = 1,00$
	$v = 9,26$	
	$t = 2,25$	
	$B = 0,67$	
	$t \cdot B = 1,51$	

$- 0,03 - 1,51 \leq 0 \leq - 0,03 + 1,51$

Facit: Der Unterschied der Harnsäuremittelwerte ist nicht signifikant !

Gruppe 3 = NM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 5,0$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 5,7$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -0,7$	
$s_1 = 2,08$		$s_2 = 2,14$
	$v = 9,97$	
	$t = 2,228$	
	$B = 1,21$	
	$t \cdot B = 2,71$	

$-0,7 - 2,71 \leq 0 \leq -0,7 + 2,71$

Facit: Der Unterschied der Harnsäuremittelwerte ist nicht signifikant !

Gruppe 4 = NF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 5,05$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 4,91$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,14$	
$s_1 = 1,04$		$s_2 = 0,67$
	$v = 22,34$	
	$t = 2,07$	
	$B = 0,33$	
	$t \cdot B = 0,68$	

$0,14 - 0,68 \leq 0 \leq 0,14 + 0,68$

Facit: Der Unterschied der Harnsäuremittelwerte ist nicht signifikant !

7. Blutzucker

Gruppe 1 = RM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 108$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 91$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 17$	
$s_1 = 33$		$s_2 = 8,72$
	$v = 587,73$	
	$t = 1,961$	
	$B = 5,21$	
	$t \cdot B = 10,23$	

$17 - 10,23 \leqq 0 \leqq 17 + 10,23$

Facit: Der Unterschied der Blutzuckermittelwerte ist signifikant !

Gruppe 2 = RF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 76,5$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 79,7$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = -3,2$	
$s_1 = 27,91$ (mg%)		$s_2 = 77,31$
	$v = 6,28$	
	$t = 2,42$	
	$B = 3,35$	
	$t \cdot B = 8,12$	

$-3,2 - 8,12 \leqq 0 \leqq -3,2 + 8,12$

Facit: Der Unterschied der Blutzuckermittelwerte ist nicht signifikant !

Gruppe 3 = NM

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 129$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 93$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 36$	
$s_1 = 29{,}21$		$s_2 = 2{,}44$
	$v = 5{,}07$	
	$t = 2{,}571$	
	$B = 11{,}97$	
	$t \cdot B = 30{,}77$	

$36 - 30{,}77 \neq 0 \neq 36 + 30{,}77$

Facit: Der Unterschied der Blutzuckermittelwerte ist signifikant !

Gruppe 4 = NF

Krank		Gesund
$\bar{x}_1 = 95{,}5$ (mg%)		$\bar{x}_2 = 88{,}5$ (mg%)
	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 7$	
$s_1 = 5{,}95$		$s_2 = 6{,}46$
	$v = 25{,}82$	
	$t = 2{,}057$	
	$B = 4{,}83$	

$7 - 4{,}83 \neq 0 \neq 7 + 4{,}83$

Facit: Der Unterschied der Blutzuckermittelwerte ist signifikant !

II. Graphisch

a) Viskosität

Die Werte aller Probanden mit obliterierender Angiopathie sind im Mittel größer als die Vergleichswerte der gesunden Probanden. Das Geschlecht spielt hier eine zusätzliche Rolle: Die Blutviskosität ist bei Männern höher als bei Frauen.

b) PAT

Der PAT-Mittelwert aller Probanden mit obliterierender Angiopathie ist höher als der Mittelwert aller gesunden Vergleichspersonen.

c) Blutmitteldruck

Der Blutmitteldruck aller Probanden mit obliterierender Angiopathie ist gegenüber Vergleichspersonen ohne obliterierende Angiopathie erhöht.

Der Blutmitteldruck wird auch durch das Rauchen beeinflußt. Alle Raucher haben einen höheren Mitteldruck als Nichtraucher. Diese Tendenz zeigt sich bei Frauen deutlicher als bei Männern.

d) Hämatokrit

Die Beziehung Hämatokrit - Viskosität kann als ein-

deutig linear gedeutet werden. Mit steigendem Hämatokritwert erhöht sich auch die Blutviskosität. Die Mittelwerte der Raucher-Männer, Nichtraucher-Männer und Nichtraucher-Frauen liegen bei den Probanden mit obliterierender Angiopathie über denen der gesunden Personen; bei den Raucher-Frauen haben die Gesunden einen höheren Hämatokrit als die Kranken.

e) Cholesterin

Zwischen Cholesterin und Viskosität besteht keine eindeutige Korrelation.

f) Harnsäure

Die Harnsäurewerte ergaben keine gute Korrelation.

g) Blutzucker

Einen Anstieg der Blutviskosität auf Grund eines erhöhten Blutzuckerspiegels läßt sich eindeutig nur bei den Nichtraucher-Männern feststellen; es könnte hier eine Korrelation vorliegen.

F DISKUSSION

Zweck dieser Arbeit war, mögliche Beziehungen zwischen Blutviskosität und Risikofaktoren arterieller Durchblutungsstörungen zu prüfen.

Veränderungen der Blutviskosität werden durch mehrere Risikofaktoren für arterielle Durchblutungsstörungen beeinflußt; sie kann also nicht für sich allein betrachtet werden. Trotzdem kann als gesichert angenommen werden, daß Patienten mit obliterierender Angiopathie durch eine erhöhte Blutviskosität auffallen. Dieser Nachweis ist bereits mehrfach erbracht worden (11, 23, 33, 40). Untersuchungen, wonach die Viskosität bei Männern höher liegt als bei Frauen, konnten bestätigt werden (13, 32, 41). Akut inhalierendes Rauchen ist nach Schneider (41) verantwortlich für eine Viskositätszunahme; nach meinen und anderen (40) Ergebnissen scheint auch beim chronischen Raucher eine höhere Viskosität vorzuliegen.

Über den Einfluß der Plättchenaggregation auf eine Viskositätsänderung ließ sich in der mir zugänglichen Literatur kein Hinweis finden. Nach meinen Untersuchungen weisen Patienten mit peripherer Angiopathie im Mittel erhöhte PAT-Werte auf. Dieses

Phänomen tritt ganz deutlich, d.h. signifikant, bei rauchenden Männern auf.

Bei Bluthochdruck ist eine erhöhte Blutviskosität beobachtet worden (43); auch konnte ein Blutdruckabfall mit einer Viskositätsminderung in Zusammenhang gebracht werden (20). Hypertonus als anerkannter Risikofaktor der peripheren Angiopathie kann auch hier bestätigt werden; alle Versuchspersonen mit peripherer Angiopathie zeigten einen erhöhten Blutmitteldruck. Diese Tendenz setzt sich signifikant bei Rauchern mit peripherer Angiopathie fort. Es läßt sich für die Annahme dieser These in der Literatur jedoch kein Hinweis finden.

Der ausgeprägte Einfluß des Hämatokrit auf die Viskosität ist bereits in früheren Untersuchungen beschrieben worden (3,35,40,44). Die lineare Abhängigkeit der Blutviskosität vom Hämatokrit konnte auch hier erkannt werden. Demnach steigt im linearen Bereich mit zunehmendem Hämatokrit auch die Viskosität an. Im Mittel wurde bei Patienten mit peripherer Angiopathie ein höherer Hämatokrit festgestellt als bei gesunden Vergleichspersonen.

Über den Einfluß der Hypercholesterinämie auf die Blutviskosität finden sich keine einheitlichen

Aussagen. Während Burton-Opitz (7) von einer Viskositätserhöhung nach Hypercholesterinämie spricht, konnte Swank (42) dies nur bei Tieren beobachten. Auch Rosenblatt, Stokes und Basset (33) konnten diese These nicht erhärten. Auf Grund der hier ausgeführten Untersuchungen konnte ebenfalls keine klare Korrelation zwischen Cholesterin und Viskosität abgeleitet werden.

Der Einfluß des gestörten Harnsäurestoffwechsels auf die Entstehung der Arteriosklerose ist bekannt. Unbekannt war bisher die Auswirkung der Hyperurikämie auf die Blutviskosität. Siegenthaler (37) führt die Steigerung der Serumharnsäure bei Polyzythämie auf den erhöhten Zellumsatz zurück. Polyzythämie fällt ja durch eine vermehrte Viskosität auf (17,29,32,44). In den vorliegenden Untersuchungen weisen Patienten mit peripherer Angiopathie im Mittel höhere Harnsäurekonzentrationen auf als das gesunde Vergleichskollektiv.

Frühere Messungen der Blutviskosität bei Diabetikern haben unterschiedliche Ergebnisse erbracht. Während Skovborg und Fischberg (39) bei Diabetikern eine erhöhte Viskosität fanden, konnte Bollinger (4) keinen Zusammenhang feststellen. Eine näherungsweise gute Korrelation ergab sich in den hier aufgeführten

Untersuchungen bei den Nichtraucher-Männern; die Probanden-Gruppe mit peripherer Angiopathie zeigte höhere Viskositätswerte als die gesunde Vergleichsgruppe. Diese Tendenz setzt sich - weniger deutlich - bei den Raucher-Männern fort, während Raucher- bzw. Nichtraucher-Frauen eine geringe Korrelation zwischen Blutzucker und Viskosität aufweisen. Eine andere Arbeit (40) kommt zum gleichen Ergebnis, so daß die Bedeutung des Diabetes Mellitus als Risikofaktor bei peripherer Angiopathie berechtigt erscheint.

G Z U S A M M E N F A S S U N G

In der vorgelegten Arbeit wurden bei einer Gruppe von 80 Patienten mit peripherer Angiopathie Blutviskositätsmessungen durchgeführt um die erhaltenen Werte denen einer Kontrollgruppe von 80 Probanden ohne peripherer Angiopathie gegenüberzustellen. Im gleichen Verfahren wurden die Werte des PAT, des Blutmitteldruckes, des Hämatokrits, des Cholesterins, der Harnsäure, sowie des Blutzuckers verglichen.

Die statistisch nachgewiesenen Beziehungen sind in den folgenden Tabellen zusammengefaßt:

1. Viskosität	:	RM	K	G	n.s.
		RF	K↑	G	s.
		NM	K	G	n.s.
		NF	K	G	n.s.
2. PAT	:	RM	K↑	G	s.
		RF	K	G	n.s.
		NM	K	G	n.s.
		NF	K	G	n.s.
3. Blutdruck	:	RM	K↑	G	s.
		RF	K↑	G	s.

	NM	K	G ↑	s.
	NF	K	G	n.s.
4. Hämatokrit :	RM	K	G	n.s.
	RF	K	G	n.s.
	NM	K	G	n.s.
	NF	K	G	n.s.
5. Cholesterin :	RM	K	G	n.s.
	RF	K ↑	G	s.
	NM	K	G ↑	s.
	NF	K	G	n.s.
6. Harnsäure :	RM	K	G	n.s.
	RF	K	G	n.s.
	NM	K	G	n.s.
	NF	K	G	n.s.
7. Blutzucker :	RM	K ↑	G	s.
	RF	K	G	n.s.
	NM	K ↑	G	s.
	NF	K ↑	K	s.

Es bedeutet:

RM = Raucher Männer
RF = Raucher Frauen
NM = Nichtrausher Männer
NF = Nichtraucher Frauen

K	= Patient mit arterieller Durchblutungsstörung
G	= Gesunde Vergleichsperson
↑	= erhöhter Wert (im Vergl.)
n.s.	= statistisch nicht signifikant
s.	= statistisch signifikant

Das vorliegende Ergebnis bestätigt also, daß sowohl ein erhöhter Blutmitteldruck, als auch ein Diabetes mellitus als Risikofaktoren für eine arterielle Verschlußkrankheit gelten, während die weiteren untersuchten Risikofaktoren als nicht gesichert angesehen werden müssen.

Auf die Frage, ob das Rauchen als Risikofaktor für eine arterielle Durchblutungsstörung anzusehen ist, wurde in dieser Arbeit nicht eingegangen.

H L I T E R A T U R H I N W E I S

1 Bayliss, E.: Rheology of blood; in Hb of physiology, sect 2, vol.1, chap.8 Amer. Physiol. Soc., Washington 1962

2 Begg, T.B. and Hearns, J.B.: Components in blood viscosity, Clin Sci 31 : 87-93 (1966)

3 Bollinger, A. und Lüthy, E.: On the rheological significance of whole blood viscosity. Zbl Phlebol 6 : 4-11 (1967)

4 Bollinger, A., Berchtold, P. und Berger, W.: Untersuchungen der Blutviskosität bei Diabetikern Praxis 58 : 1104-7 (1969)

5 Bosch, K.: Statistische Versuche - angewandte Statistik. Vieweg-Verlag

6. Burch, G.E. and De Pasquale, N.P.: Hematocrit, blood viscosity and myocardial infarction. Amer I Med 32 : 161 (1962)

7 Burton-Opitz, I.: Exp. Med. 8 : 240 (1906)

8 Creutz/Ehlers: Statistische Formelsammlung, Verlag H. Deutsch

9 Dintenfass, L.: Viscosity and Clotting of blood in venous thrombosis and coronary occlusions Circ Res 14 : 1 (1964)

10 Dintenfass, L.: Viscosity of the packed red and white blood cells.
23. Intern Congr Physiol Sci, abstract No.177 (1965) Exp Molec Path 4 : 597 (1965)

11 Dintenfass, L., Julian, D. and Miller, G.: Viscosity of blood in normal subjects and in patients suffering from coronary occlusions and arterial thrombosis.
Amer Heart J 7 : 587 (1966)

12 Dintenfass, L.: A preliminary outline of the blood high viscosity syndromes.
Arch intern Med 118 : 427-435 (1966)

13 Ditzel, J.: Whole blood viscosity and related components in diabetes mellitus.
Danish Med Bull 15 : 49-53 (1968)

14 Fahraeus, R. and Lindquist, T.: The viscosity of blood in narrow capillary tubes.
Amer J Physiol 96 : 562-568 (1931)

15 Fahraeus, R.: Zellgehalt und Strömungswiderstand in verschiedenen Abschnitten des Gefäßsystems.
Dtsch med Wschr 86 : 2266 (1961)

16 Fishberg, J.: Biochemie 85 : 465 (1930)

17 Gruyton,A.C., and Richardson, T.Q.: Effect of hemotocrit on venous return.
Circ Res 9 : 157 (1961)

18 Hess, W.: Reibungswiderstand des Blutes und Poiseuillesches Gesetz.
Z klin Med 71 : 421-427 (1910)

19 Hess, W.: Gehorcht das Blut dem allgemeinen Strömungsgesetz der Flüssigkeiten ?
Arch ges Physiol 162 : 187-224 (1915)

20 Hess, H.: Neue Überlegungen zur Pathophysiologie obliterierender Angiopathien.
Fortschr Med 20/21 : 833-838 (1970)

21 Kellog, F. and Goodman, J.R.: Viscosity of blood in myocardial infarction.
Circ Res 8 : 972 (1960)

22 Lasch, H.G.: 7. Intern. Kongr. Inn. Med. München 1962
Stuttgart, 1963 : 447 (Zitat nach Rőka).

23 Mayer, G.A.: Blood viscosity in healthy subjects and patients with coronery heart disease.
Canad Med Ass J 91 : 951 (1964)

24 Merrill, E.W., Gilliland, E.R., Margetts, W.G. and Hatch, F.T.: Rheologie of blood and hyperlipemia.
J Appl Physiol 19 : 493 (1964)

25 Müller, A.: Abhandlungen zur Mechanik der Flüssigkeiten mit besonderer Berücksichtigung der Hämodynamik. Strömen in Röhren. Fasc.I: Die Newton'sche Strömung.

(Paulus-Druckerei Fribourg 1936)

26 Müller, A.: Über das Druckgefälle in Blutgefäßen, insbesondere in Kapillaren.
Helv. physiol. pharmacol. Acta 6 : 181-195 (1948)

27 Neuhann, T.: Untersuchungen über Plättchenfunktion und Blutviskosität bei M. Raynaud und Sklerodermie.
Inaugural-Dissertation, München (1970)

28 Pringle, R., Walder, D.N. and Weaver, J.P.A.: Blood viscosity and Raynaud's disease.
Laucet 1 : 1086 (1965)

29 Putnam, T.C., Kevy, S.V. and Replogle, R.L.: Factors influencing the viscosity of blood.
Surg Gynec Obstet 124 : 547-52 (1967)

30 Putnam, T.C., Kevy, S.V. and Replogle, R.L.: Factors affecting the viscosity of blood.
Surg Forum 16 : 126 (1965)

31 Reinhardt, F./Soeder, H.: dtv-Atlas zur Mathematik, München 1977

32 Richardson, T.Q. and Gruyton, A.C.: Effect of polycythemia and anemia on cardiac output and other circulatory factors.
Amer J Physiol 197 : 1167 (1959)

33 Rosenblatt, G., Stokes, J. and Basset, D.R.: Whole blood viscosity, hematocrit and serum lipid levels in normal subjects and patients

with coronary heart disease.
J Lab Dlin Med 65 : 202-11 (1965)

34 Sachs, L.: Statistische Methoden
Springer Verlag Berlin (1979)

35 Schenk, W.G., Delin, N.A., Domanig, E., Hahnloser, P. and Hoyt, R.K.: Blood voscosity as a determinant of reginal blood flow.
Arch Surg 89 : 783 (1964)

36 Scott-Blair, G.W.: A survey of general and applied rheology.
Pitman, London (1949)

37 Siegenthaler: Klinische Pathophysiologie
Thieme, Stuttgart (1970)

38 Shinagawa, T.: Studies on atherosclerosis, mainly about its relationship with serum viscosity.
Jap Circ I 28, 324 (1964)

39 Skovborg, F., Nielsen, A.A.V., Schlichtkrull,J. and Ditzel, I.: Blood viscosity in diabetic patients.
Laucet 1 : 129-31 (1966)

40 Schmuderer, R.: Untersuchungen über den Einfluß von Risikofaktoren der obliterierenden Angiopathie auf die Blutviskosität.
Inaugural-Dissertation München 1974

41 Schneider, G.: Über die Beeinflussung der Viskosität des Blutes durch das Rauchen.

Inaugural-Dissertation, München 1969

42 Swank, R.L.: Blood viscosity in cerebrovascular disease.
Neurology 9, 553 (1959)

43 Tibblin, G., Bergentz, S.E., Dejure, I. and Wilhelmsen, L.: Hematocrit, plasma proteius, plasma volume and viscosity in early hypertensive disease.
Amer Heart I 72 : 165 (1966)

44 Wells, R.E.: The variability of blood viscosity
Amer I Med 31 : 505 (1961)

45 Wells, R.E.jr.: Influence of fibrinogen on flow properties of erythrocyte suspensions
Amer I Physiol 207 : 1035 (1964)

46 Wells, R.E.jr.: Rheology of blood in low flow stasis; in Mills, L.J. and Mayer, I.: Shock and hypertension: Pathogenesis and treatment.
Grune and Strutton, Inc., London (1965)

Herrn Prof. Dr. med. N. Zöllner danke ich für die Überlassung eines Arbeitsplatzes.

Zu besonderem Dank bin ich Herrn Prof. Dr. med. H. Hess für seine dieser Arbeit geopferten Zeit verpflichtet. Sein freundlicher Rat war mir eine wertvolle Hilfe.

Dank gebührt auch den beiden Assistentinnen des Labors, Fr. Wimmer und Frl. Queisner.

Herrn Riepl und Herrn Mietz danke ich für ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

L E B E N S L A U F

Ich, Hartmut Wolf, wurde am 18. Juni 1946 in Bückeburg/Niedersachsen als zweites Kind der Eheleute Karl und Elisabeth Wolf geboren.

Nach 5 Jahren Grundschule in Siegen/Westfalen und Stuttgart besuchte ich ebendort und ab 1960 in München das Gymnasium.

Nach Ablegung der Reifeprüfung 1967 diente ich 3 Jahre in der Bundeswehr und schied dort 1970 als Leutnant aus.

Im Wintersemester 1970/71 nahm ich mein Studium der Zahnmedizin an der Universität München auf. Vorphysikum nach dem Sommersemester 1971, Physikum nach dem Wintersemester 1972/73 und Staatsexamen nach dem Sommersemester 1976 belegen den erfolgreichen Studienverlauf.

Seit Frühjahr 1977 bin ich als Zahnarzt tätig.